

SA DURANTI

# HOLMBERGIA

revista  
del centro  
de estudiantes  
de ciencias naturales

TOMO VI

NOVIEMBRE DE 1959

NÚMERO 15

## SUMARIO

FRANCISCO D. BARBIERI, Nuevas perspectivas en el problema de la inducción embrionaria.....	1
R. A. GÓMEZ, R. E. SOLANES, M. J. R. DE PRITZ Y N. J. PALLERONI, Observaciones sobre la adaptación de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> var. <i>ellipsoideus</i> a la fermentación de galactosa.....	11
OSVALDO A. REIG, Acerca de la ubicación de los estudios paleontológicos ..	19
MARIO BUNGE, ¿Qué es un problema científico?.....	47
HORACIO H. CAMACHO, Un siglo de darwinismo .....	65
RICHARD F. FLINT, La glaciación pleistocena y las gravas tehuelches ....	87
JOSUÉ NÓÑEZ, Comentario sobre "El reloj fisiológico", de E. Bünnig ..	93
SERGIO ARCHANGELSKY, Comentario al "Estudio sobre facies", de D. V. Na- livkin .....	107
COMENTARIOS BIBLIOGRÁFICOS .....	129

PERÚ 222

BUENOS AIRES

ARGENTINA

# CENTRO DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS NATURALES

FEDERACIÓN UNIVERSITARIA DE BUENOS AIRES

---

## COMISIÓN DIRECTIVA

*Presidente:* Ricardo A. Romanelli.

*Vicepresidenta:* Lidia Pizzini.

*Secretario:* Rogelio Clayton.

*Secretaria de Actas:* Mabel Costas.

*Tesorera:* Elda Di Paola.

*Vocal:* Maximina Monasterio.

*Vocal:* Renata Wulff.

*Dirección de HOLMBERGIA:* Renata Wulff, Luisa María Rossini,  
Ricardo A. Romanelli, Herman H. Lauría.

*Comisión Asesora:* Dr. F. G. Bonorino, Ing. E. Favret, Lic. V.  
García, Dr. A. Herrera, Ing. N. J. Palleroni, Sr. O. Reig, Dr. R.  
A. Ringuelet, Dr. J. Wright.

Perú 222 — Buenos Aires (Argentina)

---

Suscripción anual en el extranjero: 4,00 dólares.

Yearly subscription abroad: 4,00 dollars.

Ruégase enviar toda la correspondencia científica, administrativa y canjes, a HOLMBERGIA, Perú 222, Buenos Aires (Argentina).

Please send all scientific and administrative correspondence and exchange publications, to HOLMBERGIA, Perú 222, Buenos Aires (Argentina).

---

En la República Argentina

Precio del número: \$ 25 m/n. — Suscripción anual: \$ 100 m/n.

# HOLMBERGIA

REVISTA DEL CENTRO  
DE ESTUDIANTES DE CIENCIAS NATURALES

TOMO VI

NOVIEMBRE DE 1959

NUM. 15

## Nuevas perspectivas en el problema de la inducción embrionaria

Por FRANCISCO D. BARBIERI \*

ABSTRACT. — The problem of embryonic induction can be treated from a biochemical as well a morphologic point of view. Here it is mainly considered under this second aspect, not concerning the chemical nature of inductors as their mechanism of action. The application of the autoradiographic method to this problem is specially discussed.

EL CONOCIMIENTO de los sutiles mecanismos que determinan y controlan la diferenciación de los tejidos en el embrión, base de la morfogénesis, ha constituido el fondo de la cuestión en dos ramas jóvenes de la Biología: la Embriología Experimental y la Embriología Química.

La experiencia clave que llevó al descubrimiento de una región embrionaria provista de un alto poder organoformativo sobre el embrión total, fue realizada por Hans Spemann en 1921: mediante procedimientos microquirúrgicos, separó de una gástrula de triton un pequeño trozo de tejido correspondiente al labio dorsal del blastoporo, territorio embrionario que al completarse la invaginación pasará a constituir la cuerda dorsal y parte del mesoblasto, y lo

\* Profesor encargado de la Cátedra de Anatomía y Fisiología Comparadas del Instituto de Biología General y Embriología Experimental perteneciente a la Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia de la Universidad Nacional de Tucumán.

trasplantó al ectoblasto ventral de una segunda gástrula de la misma edad. A partir de este punto, que normalmente no debiera producir más que tegumento, surgió un segundo eje embrionario, además del eje dorsal correspondiente a esa gástrula, provisto de tubo neural, cuerda dorsal y somites. Con ésta y sucesivas experiencias realizadas en colaboración con Hilde Mangold, Spemann dejaba claramente establecida la existencia de un centro de organización, que por resultar capaz de originar un embrión completo, fue denominado *organizador primario*.

Este aporte trascendental de la Embriología Experimental (Embriología Causal, o Mecánica del Desarrollo: *Entwicklungsmechanik*) fue detalladamente analizado en los años posteriores mediante ingeniosos trabajos experimentales.

La demostración de que el labio dorsal del blastoporo muerto no pierde su poder organizador (alcanzada casi simultáneamente en 1932 por Bautzmann, Holtfreter, Spemann, Mangold), centró lógicamente el interés en sus aspectos químicos. Más todavía al demostrarse que los más variados tejidos adultos, estando muertos, poseen también la capacidad de organizar estructuras a partir de células no diferenciadas. Sin embargo, la acción de estos organizadores no llega a ser tan completa como la del labio blastoporal: llegan a formar un tubo neural, pero sin diferenciación de las vesículas encefálicas. Son los llamados "inductores heterólogos". Waddington y Needham establecen una terminología para estos procesos, que es la actualmente empleada. Al tipo de determinación, o más precisamente "inducción", provocada por los inductores heterólogos, que sólo llegan a organizar un tubo neural en el que no se distinguen sus extremidades cefálicas y caudal, lo denominan "evocación". Al más completo, que realiza el organizador primario, lo califican de "individuación".

La Embriología Causal, aun antes de utilizar los aportes de la Embriología Química, consigue elaborar aún más los conceptos logrados sobre la compleja mecánica de la inducción embrionaria, introduciendo la idea de "campos morfogenéticos". Alrededor del organizador primario, así como alrededor de los centros organizadores que se sucederán posteriormente para cada estructura nascente, cabría imaginar un área con capacidades organizadoras cualitativamente idénticas. Pero el poder organizador correspondiente a cada parcela de esa área decrecería rápidamente con el aumento de la distancia que lo separa del centro de ese "campo". Es éste un concepto



calcado de la Física (Electromagnetismo) que se ha mostrado útil para interpretar numerosas conclusiones de la Embriología Experimental. Es oportuno apuntar que no se recurrió a esta analogía con el mero propósito de reducir tan complejo fenómeno vital a una imagen elegante o fácil. Varias modalidades de comportamiento estrechan el paralelismo evidenciado entre un campo de individuación biológico y un campo magnético físico; ambos, al perder una parte, de un punto cualquiera del todo, son capaces de reintegrar su estructura; al ser seccionados en dos porciones, cada una de ellas forma un campo igual al original; al unirse dos campos iguales, se reestructura un nuevo campo único idéntico al de los participantes.

Es importante insistir en la conveniencia de adoptar el concepto de campo morfogenético sólo para las regiones que se encuentran "actualmente" empeñadas en un proceso morfogenético —esbozo de un órgano, por ejemplo—, y no para las regiones "potencialmente" capaces de originar estructuras. Debemos habituarnos a designar estas últimas como "regiones competentes" o "áreas organoformativas". Desde el momento en que estos distritos inician su actividad organizadora, pasarían a ser los campos organoformativos o "campos de individuación". Resultaría más apropiado, además, hablar de campos y no de centros organizadores. Mientras el primer concepto corresponde a una realidad mensurable, el segundo no pasa de ser una abstracción.

En el embrión de los distintos inductores funcionan de acuerdo con una precisa situación en el espacio y en el tiempo. Cada estructura organizada pasa a actuar como un nuevo inductor destinado a organizar otros territorios tisulares específicos. De este modo queda establecida una jerarquía de campos morfogenéticos. Desde el punto de vista espacial, la jerarquía de los campos sigue un sentido dorso-ventral en el embrión normal. Esto ha sido demostrado por las elegantes experiencias de Yamada (1940): en la hoja mesoblástica la región organoformativa más dorsal es capaz de formar notocorda, la menos dorsal a ambos lados del cuerpo forma somites, continuando en sentido ventral las áreas correspondientes a los túbulos pronefríticos y a las láminas laterales que constituirán las serosas de las cavidades del cuerpo. Cada una de esas regiones separadas quirúrgicamente del cuerpo embrionario antes de su diferenciación, y cultivadas en condiciones de explanto, producen los órganos correspondientes. Pero al cultivar el territorio más dorsal, área presuntiva de la notocorda, en contacto con las láminas laterales, éstas ele-

van su potencial organoformativo a un nivel jerárquico superior, asumiendo la capacidad de estructurar túbulos pronefríticos. Esta nueva capacidad le habría sido conferida mediante la trasferencia de principios químicos específicos.

Intentar compendiar las conclusiones alcanzadas bajo el aspecto bioquímico, resulta más difícil que en el caso de las logradadas bajo el aspecto puramente morfológico experimental por las numerosas discordancias encontradas. El reconocimiento de la sustancia, o de las sustancias químicas que actúan en los campos organoformativos no ha sido aún logrado. Dos tesis que continúan sosteniéndose con alguna firmeza son las de Needham y Brachet. El primero, al frente del equipo de Cambridge, trabajando con la metodología clásica de la Bioquímica, atribuye las propiedades inductoras a sustancias del grupo de los esteroides. Brachet, con sus colaboradores de la Universidad de Bruselas, recurriendo principalmente a métodos histoquímicos, encuentra que son las ribonucleoproteínas de los microsomas los agentes determinantes de los fenómenos de inducción.

En esta breve reseña dejaremos de lado la cuestión de la naturaleza química del inductor, para ocuparnos del mecanismo implicado en el proceso. Comentaremos preferentemente los resultados conseguidos recientemente mediante la aplicación del método autorradiográfico, ya que por su precisión supera en mucho a los métodos clásicos de la Bioquímica.

En sus fundamentos la técnica autorradiográfica consiste en tratar organismos completos o trozos de tejidos vivientes con sustancias asimilables marcadas mediante algún átomo radiactivo. Posteriormente, si al realizar preparaciones histológicas de esos tejidos se cubren las secciones con una fina capa de emulsión fotográfica, ésta resultará impresionada en aquellos puntos en que se ha localizado la molécula marcada, por efecto de las radiaciones que emite el isótopo. De este modo se consigue una fina localización que permite el estudio de fenómenos metabólicos a nivel de los tejidos, y en los casos más favorables, incluso a nivel de la célula misma.

En 1954, Ficq, trabajando en el laboratorio de Brachet, realiza una serie de experiencias destinadas a demostrar el pasaje eventual de sustancias desde el campo organizador hacia el tejido competente mediante la aplicación de este método. Sus experiencias fueron realizadas sobre Anfibios Anuros y Urodelos (*Rana fusca*, Axolotl). Se adoptaron como compuestos marcados la glicocola-1- $C^{14}$  y el ácido orótico-2- $C^{14}$ -6-carboxílico, conocidos precursores de las

proteínas y de los ácidos nucleicos. En su esquema general las experiencias consistieron en cultivar, en medios conteniendo alguno de esos precursores, labios blastoporales separados quirúrgicamente. Al cabo de algunas horas las moléculas señaladas quedaban incorporadas a las proteínas o a los ácidos nucleicos del explanto. En un segundo tiempo el labio blastoporal era implantado en el blastocelo de una gástrula joven, siguiendo el clásico método de Spemann y Mangold. Al reducirse esta cavidad durante la gastrulación, el organizador entraba en contacto directo con el ectoblasto en el que inducía un segundo tubo neural. Practicada la técnica autorradiográfica, la emulsión fotográfica señalaba los eventuales desplazamientos de los precursores marcados. La autora pudo evidenciar un pasaje desde el organizador marcado hacia la gástrula huésped, con una mayor concentración a nivel del tubo neural inducido por el implanto, y a nivel de la región neural normal del embrión huésped. Este resultado pareció confirmar la hipótesis de Brachet, según la cual durante la inducción tendría lugar un pasaje de ribonucleoproteínas en forma de microsomas desde el organizador hacia el sustrato. Las experiencias que la fundamentaban eran la de coloración vital del organizador implantado con rojo neutro (1949) y la de bloqueo mediante membranas porosas (1950). Esta última demostraba que la interposición de una fina membrana porosa (celofán) entre inductor y tejido competente impedía la inducción, lo que se interpretó como el resultado de un bloqueo al pasaje de sustancias de alto peso molecular (ácidos nucleicos y proteínas). Sin embargo, como lo señala Brahma (1958), cabría también la posibilidad de que las sustancias responsables de la inducción fueran difusibles, pero que no llegasen a actuar a través de una membrana por pérdida de concentración. Por otra parte, si tomamos como punto de partida la hipótesis de Weiss (1950) sobre este mismo aspecto del mecanismo de la inducción, llegamos a una interpretación distinta para la misma experiencia de Brachet. Para este autor, el solo contacto de las superficies celulares, sin mediar transferencia alguna de sustancias, bastaría para reestructurar el andamiaje físico-químico del tejido competente y para determinar su destino ulterior. Desde este punto de vista, en la experiencia de Brachet no se produjo inducción, porque la lámina de celofán habría impedido el contacto de las membranas celulares. Sin embargo, un hallazgo posterior de Niu y Twitty (1953) parece excluir la necesidad de los contactos celulares que

exige la hipótesis de Weiss. Los autores cultivaron en la misma solución salina pequeños fragmentos de cordomesoblasto (inductor) y de ectoblasto ventral (sustrato competente), cuidando de que no entrasen en contacto directo entre sí. En estas condiciones tenía lugar el fenómeno de inducción formando tejido nervioso a partir del ectoblasto ventral. En este caso es necesario admitir una acción de sustancias químicas disueltas en el medio salino, y cuya composición parece corresponder a la de las nucleoproteínas tal como lo sostiene Brachet (Niu, 1956).

Sirlin, Brahma y Waddington retoman el problema recurriendo a la aplicación del método de las autorradiografías (1956). Esta vez se cultivaron huevos de *Urodelos* anteriores al estadio de gástrula en situación conteniendo como precursores marcados glicocola ( $C^{14}$ ) y metionina ( $S^{35}$ ). Al alcanzar estos huevos el estadio de brote caudal, se les extirpaban pequeños territorios de polo animal, labio blastoporal, región óptica, cerebro, etc., para ser trasplantados al blastocele de gástrulas jóvenes no marcadas. En todos los casos llegaron a apreciar una difusión desde el territorio implantado hacia los tejidos circundantes, con tendencia a acumularse en el tejido nervioso, si es que ha sido inducido, y sobre la superficie del embrión. Dentro del ámbito celular la concentración era predominante en los núcleos, y su actividad radiactiva era mayor cuanto más próximos se encontraban al implanto. El endoblasto, por el contrario, manifestaba una concentración mucho menor de moléculas marcadas, aun encontrándose en contacto inmediato con el tejido implantado. Consideramos de interés recordar también los ensayos de explantación de los mismos autores. El labio dorsal del blastoporo, previamente marcado como en las experiencias anteriores, era puesto en contacto con dos hojas del ectoblasto, a la manera de un sándwich. En los casos en que el organizador provocaba un principio de neurulización, o aun llegaba a formar en una de las hojas del ectoblasto un tubo neural cerrado, se registraba el mismo pasaje de las moléculas marcadas con el isótopo, y siempre con preferencia hacia los núcleos. Prácticamente, en todas aquellas hojas en las que no se producía inducción y que se diferenciaban sólo en epidermis, la actividad radiactiva era mucho menor. También en estas condiciones, con o sin inducción, la radiactividad se distribuía siguiendo un gradiente a partir del labio blastoporal implantado, con la misma excepción de presentar una acumulación sobre la superficie externa del embrión. En algunos casos, una de



las hojas de ectoblasto fue separada del organizador primario por una membrana porosa (celofán, o Gradocol), encontrándose que obstaculizaba tanto la inducción como la transferencia de las sustancias marcadas. Las dos series de ensayos experimentales con inductores marcados que hemos descripto merecen una detenida consideración. Se ha conseguido poner de manifiesto un pasaje de sustancias desde el campo organizador embrionario hacia los tejidos competentes. Pero, contra las esperanzas iniciales, el método autorradiográfico no ha llegado a tronchar la cuestión. En las experiencias de Ficq, la situación de moléculas marcadas no sólo a nivel del tubo neural inducido por el organizador marcado, sino que también a nivel del tubo neural propio, de la néurula huésped, parece demostrar que esas sustancias no se incorporan al embrión como principios específicamente inductores. Es probable que difundan en forma de moléculas de pequeño tamaño (aminoácidos o nucleótidos) que en un primer tiempo se incorporarían al metabolismo general del embrión, para concentrarse posteriormente en las regiones de mayor diferenciación tisular (que es precisamente el caso del sistema nervioso para el estadio considerado).

Sin embargo, una observación en la publicación de los autores ingleses deja en pie la posibilidad de que haya simultáneamente una difusión de moléculas grandes. Al eliminarse la membrana de Gradocol durante la confección de las preparaciones histológicas, por ser soluble en los solventes empleados, se evidenciaba en algunos casos la presencia de sustancias radiactivas en el espacio que ella ocupaba; estas moléculas no se habrían perdido junto con la membrana disuelta, por haber sido precipitadas *in situ* por el fijador empleado (que en general precipitan las moléculas de alto peso). Por nuestra parte, consideramos prematuro echar conclusiones sobre datos de esta índole, ya que en estos métodos los artificios de técnica son muy frecuentes.

Lo que nos incita a formular ciertas reservas, tanto en las experiencias de estos autores como en las de Ficq, es la localización tan selectiva de los materiales marcados en los núcleos de las células, que precursores tan distintos como la glicocola, la adenina, el ácido orótico, después de un período de incorporación oscilando entre dos y tres días, en especies diferentes, se concentran a ese mismo nivel celular con tanta regularidad, no era teóricamente previsible a partir de nuestros conocimientos de fisiología celular. Ellos son precursores de compuestos que se localizan en mayor cantidad

en el citoplasma celular. Incluso admitiendo que las primeras fases metabólicas, previas a la incorporación, acontezcan en el núcleo, las diferencias cuantitativas encontradas se nos presentan como exageradas. Si bien en ninguno de esos trabajos se realizaron contejes a nivel celular, las fotomicrografías evidencian la alta carga de actividad que caracteriza al núcleo con respecto al citoplasma.

Antes de llevar más lejos la interpretación de estos cuadros, consideramos imprescindible un minucioso estudio de los límites de error del método autorradiográfico. Ya hemos recibido una experiencia importante con otros métodos citoquímicos, especialmente con los que han sido más escrupulosamente analizados. Un caso bien conocido es el de la evidenciación citoquímica de la fosfatasa alcalina por el método de Gomeri, a nivel de los núcleos celulares. No interesándonos en esta circunstancia si la fosfatasa alcalina existe o no realmente en el núcleo, lo cierto es que pudo comprobarse que por fenómenos de difusión, provocados por los procedimientos técnicos, las fosfatasas del citoplasma pasaban a concentrarse en el núcleo. Un aspecto que nos sugiere un artefacto de este tipo en el caso de las autorradiografías en embriones, es la distribución en gradientes de la sustancia marcada a partir del tejido implantado, lo que podría interpretarse como un gradiente de difusión pasiva. Si bien hacia el endoblasto no llega a prolongarse tal gradiente, podría admitirse una permeabilidad distinta para esa hoja embrionaria.

Hasta este momento disponemos de hipótesis bastante bien fundadas sobre los mecanismos de la inducción embrionaria; pero sin duda ha quedado sin resolverse definitivamente qué participación corresponde a la trasferencia de gruesas partículas citoplasmáticas o al contacto entre membranas de capas celulares distintas. Es cosa cierta que la resolución de esta alternativa sólo podrá hallarse por la aplicación del método experimental. Las perspectivas futuras son muchas.

1) Como nuevo ensayo de abordaje directo a la cuestión, queda la posibilidad de realizarlos nuevamente con el interesante recurso de las membranas porosas entre los tejidos reaccionantes. No ha llegado a nuestro conocimiento que se haya ensayado con membranas de poros suficientemente gruesos, que permitan el paso de partículas tan voluminosas como los microsomas. En este caso la membrana impediría solamente el contacto intercelular, separando en esta forma las dos variables. Estas membranas podrían ensayarse, no sólo en condiciones tan artificiales como en los experimentos de trasplante

o explantación, sino durante el cumplimiento de la inducción en una gástrula normal aplicando la técnica de Brahma (1958). En esta técnica, al iniciarse la invaginación blastoporal, el autor introduce la membrana porosa debajo de la región presuntiva de la placa neural, de tal modo que al completarse la invaginación, un territorio del cordomesoblasto inductor quedará separado por la membrana de la futura placa neural.

2) Las experiencias de Niu y Twitty (1953) merecen repetirse sobre otras especies, por el alcance de sus conclusiones. Además, es imprescindible llevar aquí más lejos el análisis químico de las sustancias en juego, por partición cromatográfica, e incluso en forma cuantitativa.

3) Con el método autorradiográfico las perspectivas son naturalmente más vastas. Sólo insistiremos aquí en la necesidad de determinar minuciosamente si intervienen, y en qué grado, los fenómenos de difusión pasiva en los desplazamientos de sustancias marcadas en el protoplasma. No mediante el empleo de tejidos muertos, porque es presumible que en ese estado la textura citoplasmática sufrirá cambios esenciales. Podrían estudiarse comparativamente las imágenes de localización después del tratamiento con diversos agentes fijadores, incluyendo el método de congelación-desección. Una contribución interesante bajo este aspecto sería ensayar el implanto de organizadores no marcados en gástrulas marcadas, para evidenciar un eventual pasaje de sustancias, dispondríamos de un excelente dato en favor de la no difusión pasiva.

4) Finalmente, resultaría de un valor inapreciable una determinación precisa de la permeabilidad relativa de las tres hojas embrionarias, ecto, meso y endoblasto.

La Embriología Química ya ha abierto un brillante camino en el avance de la Biología contemporánea, y es tiempo de que la *Embriología Físico-Química* apresure su paso.

## BIBLIOGRAFÍA

- BRACHET, J. 1947. *Embriologie chimique*. Masson.
- 1950. "Quelques observations sur le mode d'action de l'organisateur chez les amphibiens." *Experientia*, 6, 56.
- BRACHET, J.; F. HUGON DE SOEUX. 1949. "Remarque sur le mode d'action de l'organisateur chez les amphibiens." *Journées cyto-embryol. Belgo-Néerl.*, Gand, 56.
- BRAHMA, S. K. 1958. "Experiments on the diffusibility of the amphibian evocator." *J. Embryol. Exp. Morph.*, 6, 418.
- DALCQ, A. 1941. *L'oeuf et son dynamisme organisateur*. Albin Michel.
- FICQ, A. 1954. "Analyse de l'induction neurale chez les amphibiens au moyen d'organisateur marqués." *J. Embryol. Exp. Morph.*, 2, 194.
- NEEDHAM, J. 1950. *Biochemistry and morphogenesis*. Cambridge Univ. Press.
- NIU, M. C. 1956. *Cellular mechanisms, differentiation and growth*. Princeton Univ. Press., N. Jersey.
- NIU, M. C., AND V. C. TWITTY. 1953. "The differentiation of gastrula ectoderm in medium conditioned by axial mesoderm." *Proc. Nat. Ac. Sci.*, 39, 905.
- SIRLIN, J. L.; S. K. BRAHMA AND C. H. WADDINGTON. 1956. "Studies on embryonic induction using radioactive tracers." *J. Embryol. Exp. Morph.*, 4, 248.
- WADDINGTON, C. H. 1956. *Principles of embryology*. The Macmillan Co.
- WEISS, P. 1950. "Perspectives in the field of morphogenesis." *Quart. Rev. Biol.*, 25, 177.
- YAMADA, T. 1940. "Beeinflussung der differenzierungsleistung des isolierten mesoderms von molchkeim durch zugefügtes chorda- und neuralmaterial." *Fol. Ant. Japon.*, 19, 131.



## Observaciones sobre la adaptación de *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* a la fermentación de galactosa

Por R. A. GÓMEZ, R. E. SOLANES, M. J. R. DE PRITZ y N. J. PALLERONI \*

ABSTRACT. — Cells of *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus* (strain 20-SJ) which have been grown for 4 to 6 hours on autolyzed yeast-agar with 2 per cent glucose, are capable of adaptation to the fermentation of galactose. However, cells of the same age which have been cultivated in the same medium without the addition of agar, have apparently lost the capacity of adaptation. Twelve hours old cells are able to adapt normally, whether they had been grown on solid or liquid medium.

The differences between the two types of young cells could not be ascribed to a different aeration of the cultures, or to the presence of toxic substances which could be absorbed by the agar, or to the presence of small amounts of free galactose in the agar. Furthermore, the total amount of amino acids in the amino acid pool of young cells grown on liquid and solid media, appears to be the same. Paper chromatograms did not show appreciable differences in the composition of the pools. However, liquid-grown cells contain up to 25 per cent more of total nitrogen, as determined by the Kjeldahl procedure, than solid-grown cells.

Experiments performed with cells of different ages showed a steady decrease in the capacity of adaptation with age, up to 6 hours, only in the cells cultivated in liquid medium. Cells older than 6 hours progressively recovered their ability to adapt. The least adaptability was shown by cells which had been withdrawn from the medium at a time (6 hours) corresponding to the middle of the acceleration phase of the growth curve.

By diluting the liquid medium, the results approached those obtained with solid medium, that is, cells of all ages were able to adapt to galactose fermentation. Other media with different nitrogen source (ammonia, urea, asparagin, glutamate and peptone) in limited amounts, gave results comparable to those obtained with autolyzed yeast liquid medium which had been conveniently diluted.

\* Del Laboratorio de Fermentaciones, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Cuyo, Mendoza (Argentina).

Even though at the present time there is no satisfactory explanation for the observed phenomena, it seems that in cells grown under conditions for maximal multiplication, there is a competence among the systems involved in protein synthesis, which results in an impaired capacity of formation of inducible enzymes.

## INTRODUCCIÓN

EN EL CURSO de algunas experiencias sobre adaptación de levaduras del género *Saccharomyces* a la fermentación de galactosa, se observó en algunos casos que el tiempo que tardaban las células en comenzar el ataque de ese azúcar era muy diferente, según se estudiaran células cultivadas en medios de cultivo líquidos o en esos mismos medios solidificados mediante el agregado de agar.

Las experiencias que describimos en la presente comunicación corresponden a un estudio más detallado de esas observaciones. Hemos preferido presentar aquí un panorama general de los fenómenos observados, lo cual nos impide consignar en forma completa los detalles experimentales, que serán publicados en futuro próximo.

## MATERIALES Y MÉTODOS UTILIZADOS

La cepa utilizada en las experiencias ha sido aislada de un mosto de uva en fermentación proveniente de la provincia de San Juan. Sus caracteres corresponden a los de *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*, y lleva el número 20-SJ de nuestra colección.

El medio de cultivo utilizado para el mantenimiento del cultivo y para muchas experiencias realizadas, es el agua de levaduras autolisadas, preparada de acuerdo con las normas dadas por Orla-Jensen. Con 500 gramos de levadura prensada se prepararon 2,5 litros de medio de cultivo. Este medio contiene aproximadamente 0,15 por ciento de nitrógeno total, que fue determinado por el método Kjeldahl. Al medio se agregó dos por ciento de glucosa, y, en el caso de la preparación del medio sólido, dos por ciento de agar.

Las células fueron cultivadas en medios líquidos en un agitador rotatorio, o en la superficie de agar de medio de cultivo en cajas de Petri de quince centímetros de diámetro. En ambos casos, la temperatura de incubación fue de 30° C.

Para las experiencias manométricas, las células fueron lavadas por dos veces, y suspendidas finalmente en solución M/30 de fosfato monopotásido. La densidad de la suspensión fue ajustada uti-

lizando un fotolorímetro Klett-Summerson provisto de filtro rojo Nº 66. De la suspensión se utilizaron dos centímetros cúbicos para cada frasco de Warburg, y la densidad elegida en todos los casos correspondió a un mg. de sustancia seca por centímetro cúbico. Las experiencias manométricas fueron realizadas utilizando el aparato de Warburg, y se siguió la técnica convencional. En todas las experiencias manométricas se estudió la absorción de oxígeno, y la cantidad de galactosa utilizada fue de cuarenta micromoles (0,2 cc. de una solución M/5).

Aunque Lindegren y Palleroni demostraron la presencia de impurezas en la galactosa "pura" del comercio, no se creyó necesario en el caso presente proceder a la purificación del azúcar; la proporción de esas impurezas utilizables por las células en el período preadaptativo se mantuvo constante, utilizando galactosa de una misma procedencia para todas las experiencias.

Para el estudio de los aminoácidos libres del citoplasma, éstos fueron extraídos siguiendo la técnica de Spiegelman y colaboradores. El análisis cuantitativo total de estos aminoácidos fue efectuado según la técnica de Moore y Stein, y el análisis cromatográfico se hizo mediante el método de McFarren, con papeles Whatman Nº 1 impregnados en distintos buffers.

## DESCRIPCIÓN SOMERA DE LAS EXPERIENCIAS REALIZADAS Y RESULTADOS OBTENIDOS

En las experiencias que siguen, denominaremos "células L" y "células S" a las que han sido cultivadas en medios líquidos y sólidos, respectivamente.

1) *Experiencias preliminares.* — Cuando se estudia la adaptación a la fermentación de galactosa por células L o S cultivadas en agua de levaduras glucosada por doce a veinticuatro horas a 30° C, no se nota ninguna diferencia en la longitud del período de adaptación entre los dos tipos de células. El ataque de la galactosa (medido por la absorción de oxígeno por las células) se inicia en ambos casos aproximadamente a la hora y media de haber puesto las células en presencia del substrato. Durante la fase estabilizada de la oxidación, el coeficiente  $Q_{O_2}$  es de 80, aproximadamente.

Cuando se toman cultivos de cuatro a seis horas de edad, las células S tardan hasta tres horas en adaptarse, mientras las células

L aparentemente han perdido la capacidad de adaptación, ya que si bien en algunos casos las experiencias manométricas han sido prolongadas hasta diez horas, no se ha notado aumento alguno en la absorción de oxígeno por las células L jóvenes por encima de la respiración endógena. Para tratar de buscar una explicación a este fenómeno se sometieron a prueba experimental algunas hipótesis, que serán consideradas a continuación.

2) *Estudio de la influencia del agar.* — Los resultados podían ser debidos a la presencia de determinadas sustancias en el agar, que podrían influir favorablemente sobre la capacidad de adaptación de las células S. Por ejemplo, el agar podría aportar pequeñas cantidades de galactosa libre, provenientes de una hidrólisis incipiente del polisacárido en las condiciones de temperatura del autoclave al pH débilmente ácido del agua de levaduras. De cualquier manera, quedarían sin explicación las diferencias entre células L de seis horas y células L de doce o más horas, ya que estas últimas se adaptan en tiempo normal. El agar, no obstante, podría aportar ciertas sustancias indispensables para mantener la "adaptabilidad" de las células en todas las edades del ciclo de crecimiento.

El agregado de galactosa al medio de cultivo líquido glucosado, en proporción variable entre 0,01 y 0,2 por ciento, no ha dado cultivos capaces de adaptación en un período de ocho horas de contacto con galactosa en el aparato de Warburg. Por otra parte, cuando las células son cultivadas en la superficie de gelatina de agua de levaduras, se comportan de manera similar a las que han sido cultivadas en agar.

3) *Posible presencia de sustancias tóxicas en el medio de cultivo.* — Una de las posibles razones del comportamiento de las células L podría ser la presencia de sustancias tóxicas generadas durante la esterilización del medio glucosado por el calor. Si bien el medio de cultivo sólido ha sido esterilizado a la misma temperatura (115° C durante veinte minutos) en presencia de glucosa, podría ser que las sustancias tóxicas fueran absorbidas por el agar, y se dificultara de esa manera su absorción por las células cuando éstas son cultivadas en los medios sólidos.

Para probar esta hipótesis, se preparó agua de levaduras con glucosa, y la clarificación y la esterilización fueron efectuadas por filtración, evitando de esta manera todo calentamiento que no fuera



el indispensable para obtener la autólisis de la levadura prensada con que se preparó el medio. Los resultados obtenidos con células cultivadas en este medio líquido, fueron, no obstante, fundamentalmente iguales a los obtenidos con células que habían desarrollado en el medio esterilizado por el calor; vale decir, en ambos casos, las células L parecían haber perdido la capacidad de adaptación a las pocas horas de cultivo en esos medios de cultivo líquidos.

También fue preparado agar de agua de levaduras glucosado por mezcla del medio de doble concentración esterilizado por filtración, con agar-agua al cuatro por ciento. Las células cultivadas por seis horas en este medio, se adaptaron al mismo tiempo que las cultivadas en medio esterilizado por el calor.

4) *Influencia de la aereación de los cultivos.* — Se consideró la posibilidad de que los resultados fueran debidos a una distinta aereación de los cultivos, ya que el agitador rotatorio utilizado en nuestras experiencias no es suficientemente rápido, y la difusión del oxígeno en el medio puede constituir el factor limitante del metabolismo estrictamente aerobio. Esta posibilidad también fue descartada, por cuanto se halló que los cultivos en medio sólido en ambiente de nitrógeno se comportaban de manera similar a aquéllos obtenidos en presencia de aire.

5) *Influencia de distintos medios de cultivo.* — En un grupo de experiencias fueron probados distintos medios de cultivo químicamente definidos, constituidos por mezclas de sales minerales, dos por ciento de glucosa, y las siguientes fuentes de nitrógeno: sulfato de amonio (0,1 %), glutamato (0,3 %), asparagina (0,3 %), urea (0,3 %) y peptona (0,5 %). En estos medios, el contenido total de nitrógeno varió entre 0,02 y 0,14 por ciento. En todos los casos, el rendimiento en células fue sensiblemente inferior al obtenido en agua de levaduras (como puede esperarse para medios despojados del complejo "bios"); pero en ningún caso hubo diferencias en la capacidad de adaptación entre células S y L, luego de seis horas de cultivo en esos medios.

En otro grupo de experiencias, fueron probados medios de cultivo constituidos por agua de levaduras a las concentraciones de 100 por ciento (medio tal cual), 50, 25, 12,5, 6, 3, 1,5, 0,5, 0,2 y 0,1 por ciento, todos con dos por ciento de glucosa. En todos los casos, probó la adaptación de células S y células L luego de seis horas de cultivo, y los datos indicaron que cuando el agua de levaduras se

diluye al tres por ciento o menos, no hay diferencias en la capacidad de adaptación entre las células L cultivadas en ese medio y las células S cultivadas en agar de agua de levaduras al ciento por ciento.

6) *Influencia de la edad de las células.* — En una experiencia se han tomado células cultivadas en agua de levaduras al cincuenta por ciento, a los tiempos 0, 1.5, 3, 4.5, 6, 7.5, 9, 10.5 y 12 horas, luego de haber sido sembradas en ese medio. Cada muestra fue estudiada en el Warburg en presencia de la galactosa, y se comprobó una pérdida paulatina de la capacidad de adaptación (manifestada por un alargamiento del tiempo que tardan las células en iniciar el ataque de la galactosa), desde la hora cero hasta las seis horas, edad a la cual las células L parecen haber perdido por completo la capacidad de adaptación. Ésta vuelve paulatinamente a los valores normales desde las seis hasta las doce horas de cultivo. En células L de doce horas de edad, la adaptación ocurre normalmente. Cuando se estudia la curva de crecimiento de la población en las mismas condiciones, se observa que a las seis horas el cultivo está en la parte media de su fase de aceleración positiva de crecimiento.

7) *Contenido nitrogenado de las células.* — El análisis del contenido total de N de células S y L fue efectuado siguiendo un fraccionamiento primario de los compuestos orgánicos de nitrógeno, por separación de los aminoácidos libres ("amino acid pool") y análisis del nitrógeno total por micro-Kjeldahl de las células que habían sido sometidas a la extracción. Los aminoácidos libres fueron analizados en forma global a través de su reacción de coloración con ninhidrina, y también fueron sometidos al análisis cromatográfico. La cantidad total de aminoácidos libres en células L y S, cultivadas en agua de levaduras al 100 % y al 50 % por seis horas (edad a la cual, según vimos, las células S se adaptan en tiempo normal y las células L no se adaptan), no muestran diferencias. Tampoco se notan diferencias significativas en la composición de esa reserva de aminoácidos libres en el análisis cromatográfico. Estos resultados indican que las células tienen aparentemente las mismas posibilidades de elaborar enzimas adaptativas, ya que se ha atribuido a esa reserva de aminoácidos libres la capacidad de servir de precursores de las enzimas inducibles.

Por otra parte, los resultados de los análisis de N total de las células extraídas, han señalado que las células L contienen un 25 por

ciento más de N que las células S. Este resultado, para el cual no hallamos aún una explicación satisfactoria, parece sorprendente por el hecho de que podría suponerse una mayor capacidad de adaptación a las células con un mayor contenido nitrogenado.

8) *Posibilidad de la obtención de cultivos definitivamente despojados de la capacidad de adaptación.* — Los resultados obtenidos con distintos medios de cultivo y con células de distintas edades, parecen sugerir una relación entre la velocidad de multiplicación de las células y la capacidad de adaptación. La experiencia que se describe a continuación ha sido hecha con el objeto de determinar si la capacidad de adaptación es debida a mecanismos ligados a partículas citoplasmáticas, cuya velocidad de multiplicación es inferior a la de las células en el período de seis horas de cultivo en agua de levaduras líquida. Con ese objeto, se hicieron trasplantes en el medio líquido cada seis horas (en total, veintidós trasplantes), y al cabo de los trasplantes se estudió la capacidad de adaptación de las células directamente, y luego de seis horas de incubación en agar de agua de levaduras. Las células L del último trasplante fueron incapaces de adaptarse; pero las que habían sido llevadas a agar de agua de levaduras por seis horas, se adaptaron normalmente. Estas experiencias sugieren que en la adaptación a la fermentación de galactosa no hay intervención de algún factor particulado de naturaleza similar al factor kappa de *Paramecium*.

## CONCLUSIONES

Aunque al presente no se cuenta con una explicación satisfactoria de los hechos observados, y el problema presentado es aún susceptible de diversas posibilidades experimentales, los datos obtenidos parecen señalar que existe una competencia entre los mecanismos productores de proteínas constitutivas, y aquéllos encargados de la síntesis de enzimas inducibles en las células que se hallan en el estado que precede a la multiplicación más activa. Los resultados obtenidos con células cultivadas en medios más pobres que el agua de levaduras, o en agua de levaduras convenientemente diluída, indican que en estos casos el ritmo menor de crecimiento no exige la utilización completa de las reservas que podría derivar la célula a la síntesis de "proteínas de emergencia", como son las enzimas adaptativas. En las células colocadas en condiciones óptimas

de multiplicación, parece generarse un estado de desequilibrio que resulta en la pérdida de la capacidad de adaptación a la fermentación de galactosa.

Dado que las células S y L no difieren en la composición de sus aminoácidos libres, señalados por diversos autores como los precursores de las enzimas adaptativas, es muy posible que la causa de las diferencias observadas sea la composición de los ácidos nucleicos del citoplasma. Nuestras experiencias futuras serán dirigidas a buscar en esos compuestos, esenciales para la síntesis de proteínas, datos que expliquen el comportamiento del material estudiado.

### BIBLIOGRAFÍA

- ORLA - JENSEN, S. 1949. "The lactic acid bacteria", p. 84. *Andr. Fred. Host a Son.*, Kobenhaven.
- UMBREIT, W. W.; R. H. BURRIS y J. F. STAUFFER. 1949. *Manometric techniques and tissue metabolism*, Burgess Publ. Co., Minneapolis, Minn.
- LINDEGREN, C. C., y N. J. PALLERONI. 1952. *Nature*, 169, 879.
- SPIEGELMAN, S.; H. O. HALVORSON y R. BEN - ISHAL. 1955. En *A symposium on amino acid metabolism*, edit. por W. D. McElroy y B. Glass, p. 124, Baltimore.
- MOORE, S., y W. H. STEIN. 1948. *J. Biol. Chem.*, 176, 367.
- McFARREN, E. F. 1951. *Anal. Chem.*, 23, 168.
- SONNEBORN, T. M. 1949. *Am. Scientist*, 37, 33.



## Acerca de la ubicación de los estudios paleontológicos

Por OSVALDO A. REIG \*

**ABSTRACT.** — *The place of paleontological studies.* In this paper are discussed the place and the interrelationships of paleontological studies within the Natural Sciences. The author discusses the points of view held on this subject by Knight, Weller, Newell, Colbert, Moore, Case, Cooper, Borissiak, Davitashvili, Abel and others, as a starting point to express his own opinion. The author's conclusion is that paleontology belongs to biology, and that, definitively, it is not a branch of geology. For the determination of the place of a given field of knowledge among the major sciences and for its differentiation, we have two main principles: the principle of objectivity and the principle of subordination. Applying these principles it becomes obvious that the science under discussion should have an actual and distinctive field of aims, corresponding to a definite portion of the exterior world, pertaining and exclusive of that particular science. Since the paleontologist studies the life of the past, his field cannot be separated from the biological sciences since all life is related and since organisms of the past are of the same quality than living ones. The author believes that paleontology is not a science independent of the main divisions of the biological sciences, viz. zoology and botany. Zoology is the science of the animal world, both living and extinct. There is no reason to separate the studies on fossil animals in a different science. As a matter of fact, the investigation of fossil fish, for instance, is more related to that of living fish than to the studies on fossil ferns or fossil mammals. The same happens with botany and paleobotany. Paleozoology is only zoology and paleobotany nothing but botany. Thus paleontology does not exist as an independent science. This conclusion is accompanied by the assumption that between biology (zoology and botany) and geology does exist a transitional science, biostratigraphy, whose aims are the studies of regularities in stratigraphical succession of extinct biological assemblages and the rebuilding of physical conditions in which life was developed in the geological past.

\* Profesor de Paleontología y de Geología Histórica de la Escuela de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Tucumán. Encargado del Laboratorio de Vertebrados Fósiles y del Laboratorio de Batracología del Instituto "Miguel Lillo" de la Universidad de Tucumán. Presidente de la Asociación Paleontológica Argentina.

## I. — INTRODUCCIÓN

DECIR que la tectónica es una rama de la geología, o que la herpetología es parte integrante de los estudios zoológicos, equivale a expresar verdades indiscutibles, que sólo merecen enunciarse ante profanos en las cosas de las ciencias naturales. Pero no sucede lo mismo con la paleontología. En los medios más académicos y en las revistas de mayor jerarquía científica, se pueden recoger afirmaciones contradictorias sobre la exacta ubicación y las subordinaciones de los estudios paleontológicos dentro del cuadro de la clasificación de las ciencias de la naturaleza.

Existe un viejo litigio de pertenencia entre la biología y la geología con respecto a las investigaciones sobre los fósiles. Los biólogos reivindican para sí a la paleontología, aduciendo que ésta no es otra cosa que la disciplina que estudia los organismos del pasado, y que, siendo los organismos —plantas y animales— el objeto esencial de las preocupaciones del biólogo, no puede ser otra que la biología la ciencia en la cual hay que incluir la paleontología. Los geólogos traen a colación el carácter de petrefactos incorporados al registro de las rocas que distingue a los fósiles, para reclamar para sí a la ciencia paleontológica. No es ajena a esta pretensión la utilidad del fósil como elemento de gran valor para las correlaciones entre las distintas secuencias estratigráficas. Como es de rigor, no falta en este caso una tercera posición: hay investigadores que no dudan en afirmar que son baladíes las pretensiones de excluyente propiedad de la paleontología que reivindican para sí geólogos y biólogos, ya que la ciencia de los fósiles es una disciplina empinadamente independiente, con su propia temática y su propia metodología; una disciplina que oficiaría de nexo entre la ciencia de la tierra y la ciencia de la vida.

Mucho se ha discutido y se sigue discutiendo sobre el particular, sin que, creemos, se haya alcanzado ninguna conclusión satisfactoria. Partidarios de la paleontología-geología, de la paleontología-biología y de la paleontología-paleontología, siguen firmes en sus posiciones, sin que los embates polémicos de sus contrincantes hayan logrado mellar la firmeza de sus concepciones.

Esta divergencia de opiniones se refleja, como es de esperar, en la organización de los institutos de investigación y de los estudios universitarios. Es así que los gabinetes de paleontología de-

penden en ciertas instituciones científicas de los departamentos de geología; en otras, de los departamentos de zoología o de botánica (sea la paleozoología o la paleobotánica la disciplina de que se trate), y finalmente, en otros casos —y en lo que pareciera que fuese la actitud que está adquiriendo, por lo menos en nuestro país, mayor aceptación—, prescindiendo de toda dependencia, se erigen como un departamento de paleontología autónomo.

En lo que respecta a la enseñanza universitaria, el juego de posibilidades es mucho menos equitativo, y si bien, y como caso excepcional en nuestro país —por lo que conocemos, en un solo caso—, existe una poco formal carrera del doctorado en paleontología, la ciencia de los fósiles tiene cabida en los planes universitarios sólo bajo una estricta y limitadora subordinación a las necesidades de la formación del geólogo.

Se nos podrá decir que no vale la pena insistir en el tema, y que la discusión de este problema es meramente formal, ya que los estudios sobre los organismos del pasado pueden desarrollarse con eficiencia, tanto si el que los ejercita se considera un geólogo, un zoólogo o botánico o un paleontólogo separatista, como si los gabinetes en que se desarrollan estas investigaciones dependen de uno u otro departamento, o constituyen una sección independiente dentro de los institutos de investigación. Trataremos de demostrar que el asunto no es simplemente formal, y que de la adecuada resolución de este litigio de pertenencia depende la médula racional, el fundamento conceptual necesario para un adecuado planteo de los objetivos del trabajo del investigador interesado por los organismos del pasado. Por otra parte, la preocupación por descubrir los derroteros por los que nos lleve el hilo de Ariadna de los razonamientos por éste, que parece un intrincado problema, constituye a juicio nuestro motivo suficiente para entintar el papel y llamar la atención de los lectores. Se trata de un dilema que no puede continuar como tal. Las preocupaciones epistemológicas, los intentos de clasificación de las ciencias, deben valorarse como temas cuyo desarrollo es altamente beneficioso y necesario para el desenvolvimiento de las investigaciones; para encontrar sentido y objetivos a las tareas del científico que, desvinculadas de los intentos interpretativos y de la correcta delimitación de metas, pueden perder jerarquía y desvanecerse en el juego fácil de lo rutinario, en las autosuficiencias de lo meramente analítico y clasificatorio.

## II. — ANTECEDENTES POLEMICOS

Hace alrededor de doce años, algunos de los más encumbrados paleontólogos norteamericanos se trabaron en debate con respecto al problema que nos preocupa. No fue ese debate ni muy general, ni muy novedoso; pero reveló cuál es el estado contemporáneo de las preocupaciones por ubicar a la ciencia de los fósiles. Como veremos, la temática y el estilo argumental de ese debate se reeditó en años más recientes. Al mismo tiempo, el problema fue analizado especialmente en otro debate que ocupó hace poco más de un lustro a los especialistas soviéticos en estos temas de los organismos del pasado.

La polémica norteamericana tuvo origen en un *presidential address* que el paleontólogo de invertebrados J. B. Knight dirigió ante la Sociedad Paleontológica de los Estados Unidos. En su intervención, que fue publicada (Knight, 1947), este investigador trató de reivindicar para la paleontología el status de una disciplina independiente, con objetivos y métodos propios, aunque íntimamente relacionada tanto con la biología como con la geología. Esa conclusión surgió del análisis de las limitaciones que acarreo a la paleontología de invertebrados su tradicional subordinación a la geología. El argumento es más o menos el siguiente: la paleontología de invertebrados se desarrolla en virtud de su servicio a las finalidades de la correlación estratigráfica y de la geocronología; este servicio torna al fósil en un mero instrumento pétreo, sólo útil en función de esa finalidad; tal subordinación disminuye la atención del paleontólogo hacia los problemas biológicos imprescindibles para interpretar adecuadamente al fósil y para hacerle jugar su verdadero papel de documento de la historia de la vida; sólo con una adecuada preparación biológica puede el paleontólogo extraer conclusiones válidas del fósil; por lo tanto, es necesario reivindicar para la paleontología la situación de una ciencia independiente, para cuyo ejercicio los requerimientos de formación biológica tengan tanto peso como los de formación geológica; sólo así la paleontología de invertebrados podrá ser una ciencia útil tanto para el geólogo estratígrafo como para el zoólogo.

Este punto de vista fue duramente atacado por J. Marvin Weller desde las posiciones de una total subordinación de la paleontología a la geología. Para Weller la paleontología no es una ciencia inde-



pendiente, y mucho menos una rama de la biología, sino "una de las más interesantes e importantes ramas de la geología" (Weller, 1947, 570). Las opiniones de este autor merecen ser analizadas en detalle, para ubicarnos adecuadamente en el problema. Para Weller es absurdo tratar de desvincular la paleontología de la geología, ya que los organismos han contribuido en forma muy particular a los acontecimientos de la historia de la tierra, produciendo grandes espesores de sedimentos —las sedimentitas organógenas—; modificando las condiciones climáticas, al consumir el anhídrido carbónico de la atmósfera; produciendo tapices vegetales que crean condiciones especiales para la erosión y los procesos de deposición (op. cit., 570). Según Weller, si éstas y otras actividades de los organismos no se consideran como parte de los estudios paleontológicos, la paleontología quedaría restringida a la limitada tarea de catalogar y clasificar organismos muertos. Nos encontramos aquí ante opiniones muy singulares. Es difícil terminar de comprender cómo se pueden incorporar al campo de los estudios paleontológicos objetivos de investigación que pertenecen estrictamente a disciplinas bien particulares, como la petrografía de las rocas sedimentarias, la paleoclimatología o la geomorfología. Por lo que sabemos, jamás se pretendió que el estudio de los sedimentos organógenos, o el de los procesos de erosión y de acumulación de las regiones húmedas, cubiertas de tapiz vegetal, tuviesen cabida dentro de la paleontología. Quizá Weller se confunde pensando que esas "actividades de los organismos" entran a formar parte de la paleoecología, disciplina que efectivamente fue considerada siempre como una de las ramas de la paleontología. Pero lo cierto es que la paleoecología es otra cosa: es el estudio de las relaciones que existieron, en el pasado geológico, entre los organismos entre sí y entre los organismos y el medio en que vivieron. Decir, entonces, que la paleontología, desvinculada de esos "objetivos" geológicos, queda restringida sólo a una simple "catalogación y descripción" de organismos extinguidos, es tan absurdo como decir que las actividades del geólogo perderían su jerarquía si se pretendiese separar de ellas el estudio del metabolismo de los animales pecilotérmicos. Claro está que este equívoco tiene su origen en un vulgar sofisma de petición de principio, pues Weller comienza su artículo definiendo a la geología como la "ciencia de la tierra y de sus habitantes". Extrayendo conclusiones, se podría pretender, de acuerdo con esta definición, que un geólogo al que se encomiende el estudio de la geología de Sud

África, debería incluir entre sus investigaciones, para hacer completo su trabajo, un adecuado análisis de las costumbres de los ho-tentotes.

Weller continúa su artículo insistiendo en la íntima relación que existe entre la estratigrafía —a la que considera “el corazón de la geología”— y la paleontología. La estratigrafía sería totalmente inefectiva sin el concurso de la paleontología. “La paleontología y la estratigrafía están en tal relación de dependencia, que ninguna puede ser exitosa sin la otra.” “Esta relación es más íntima que los lazos que unen a la mayor parte de las otras ramas reconocidas de la geología.” Yo creo que aquí se confunden dos cosas: la paleontología en su carácter de ciencia básica —definida comúnmente como la ciencia que estudia la historia de la vida a lo largo de la historia de la tierra—, con la bioestratigrafía, disciplina de aplicación que extrae de la paleontología los conocimientos necesarios para estructurar el cuadro de la distribución de los animales y de las plantas fósiles en el registro de las rocas de la corteza. Indudablemente, sin los auxilios de la bioestratigrafía o paleontología estratigráfica —“la buena sangre roja de la geología”, según una metáfora de Moore (1948, 325)—, la estratigrafía sería mucho menos eficaz para resolver los problemas de la correlación entre las distintas secuencias de rocas. Pero no nos olvidemos, por un lado, que si bien la correlación es uno de los objetivos más importantes de la estratigrafía, no es correlación lo único que deben hacer los estratígrafos, y, por otro lado, que en el estudio de las secuencias regionales —e incluso en la comparación entre distintas secuencias regionales—, el geólogo necesita de la tectónica y de la petrografía tanto, y quizá más que de la bioestratigrafía. Por otra parte, esta última disciplina no podría existir separada del estudio previo de la sistemática, la morfología y la evolución de los organismos extinguidos (objetivos de la paleontología como ciencia básica). Tales estudios son esencialmente biológicos, y pueden realizarse sólo con los métodos de trabajo comunes al zoólogo o al botánico, independientemente de todo objetivo geológico, y prescindiendo por completo de los métodos de investigación usados por los geólogos. Lo que la geología proporciona al estudioso de los grupos de animales extinguidos, es la dimensión temporal que permite establecer, en los hechos, la mayor o menor antigüedad de una estructura o de un tipo determinado de organización. Es ése un servicio valiosísimo para la biología, pero que no cambia el carác-

ter biológico de los conocimientos sobre la sistemática, la morfología y la evolución de los animales del pasado.

Haciendo un símil con la biogeografía, podemos reconocer que el hecho de que la geografía proporcione al biogeógrafo la escala espacial sobre la que se desarrollaron los procesos de expansión geográfica de los organismos, no desvirtúa el carácter esencialmente biológico que tienen los estudios sobre el área de origen y las eventualidades de la dispersión de los animales y las plantas. Por otra parte, la proyección histórica es patrimonio de toda la biología moderna, que desde el advenimiento del evolucionismo se ha transformado en la disciplina que tiene como objetivo central el estudio de los fenómenos de la evolución histórica de los organismos y sus causas. Podemos ver, entonces, cuán infundadas son las pretensiones de Weller cuando sostiene que no puede ser exitosa la labor del paleontólogo sin la estratigrafía, y cuando afirma que las relaciones existentes entre estratigrafía y paleontología son más íntimas que las que unen entre sí a las otras disciplinas geológicas.

Para apuntalar su tesis, Weller trata de demostrar que si bien existe una relación cercana entre la paleontología y la biología, ésta es mucho menos íntima que la que relaciona la paleontología con la geología. Muchos biólogos —dice (pág. 572)— se las arreglan muy bien prescindiendo o ignorando casi a la paleontología. “Para algunos (biólogos) no tiene otro significado (la paleontología) que el de permitirles establecer en sus textos que la paleontología proporciona evidencias en favor de la teoría de la evolución” (op. cit., 572). No desconocemos la verdad de esta aseveración; es evidente que muchos investigadores del campo biológico desconocen o subestiman el estudio de los organismos del pasado. Hay, por ejemplo, ornitólogos o mastozoólogos de relevante notoriedad, que pasan sus vidas de investigadores sin la menor inquietud por conocer —aunque sea de nombre— las aves o los mamíferos extinguidos. Pero hay zoólogos y zoólogos; y aquellos que han hecho aportes verdaderamente trascendentes en el terreno de sus especialidades, lo han hecho en función de suprimir una falsa antinomia entre el campo paleontológico y el neontológico, abordando en sus estudios la totalidad de los representantes (actuales y extinguidos) del grupo de su especialidad. Pongamos por ejemplo —para no citar más que los que vienen de inmediato a la memoria— los trabajos de Leo Berg sobre los peces, los de Goodrich sobre el mismo grupo, los de Petrunkevich sobre los arácnidos, los de Schmalhausen

sobre los anfibios, los de Le Gros Clark sobre los primates, etcétera. Para Weller, el paleontólogo se apoya más en la biología que el biólogo en la paleontología; "pero la paleontología se desenvuelve muy exitosamente en ciertos grupos totalmente extinguidos, como los graptolites, los trilobites o los ammonites, para los cuales este apoyo (el que puede proporcionar la biología) es mínimo" (op. cit., 572).

Weller concluye su razonamiento con una aseveración verdaderamente de antología: "En realidad, creo que sería posible la existencia de una paleontología muy respetable aun en el caso de que no existiese un acopio de conocimientos biológicos de los que se pueda extraer provecho" (op. cit., 572). Sinceramente, es difícil llegar a comprender cómo un investigador que ha trabajado en varios grupos de animales fósiles —esponjas, trilobites y crinoides, por lo que conozco en el caso de Weller— puede expresar aseveraciones de este tipo. ¿Acaso el doctor Weller, cuando determina y compara sus monobátridos, por ejemplo, los considera minerales, o simples *lusi naturae*? ¿No lo hace en base a que son restos de entes biológicos, ni los analiza partiendo de un método morfológico que es común a toda la zoología? ¿Existe un solo investigador que se haya ocupado de trilobites, de graptolites o de ammonites sin hacer uso de los métodos, las formas de razonamiento, y los conocimientos generales comunes a toda la biología? Inclusive en estos grupos totalmente extinguidos, es fácil atestiguar que los trabajos verdaderamente conceptuales e interpretativos que se les dedicaron, para tratar de establecer sus relaciones, interpretar su morfología y deducir sus modos de evolución y su significado ecológico, se basaron en su comparación con grupos vivientes, y sacaron pleno provecho de los datos de la morfología y de la ecología de animales más o menos emparentados que viven en la actualidad. En el terreno de lo meramente macrosistemático y limitándonos al caso de los trilobites, citemos los trabajos de Stormer (por ejemplo, Stormer, 1944) y el bien reciente de Howard L. Sanders, en el que este autor, estudiando la morfología de un cefalocárido viviente, *Hutchinsoniella*, esclarece la cuestión del significado filogenético de los trilobites (Sanders, 1957).

El trabajo de Weller abunda en conceptos y enunciados similares a los que hemos analizado; no creo necesario que nos detengamos más en él: lo anterior puede bastar para demostrar lo zozobante e inconsistente de la actitud de quienes pretenden hacer de



la paleontología una estricta dependencia de los estudios geológicos. En general, podemos afirmar que esa pretensión tiene como consecuencia la desjerarquización de los estudios sobre los organismos extinguidos, y la utilización del fósil como un mero instrumento al servicio de uno de los propósitos del geólogo: la correlación estratigráfica. Toda otra significación de los documentos paleontológicos se subordinaría a esta tarea. Nos atrevemos a afirmar también que esa pretensión tiene por causas el desconocimiento, por parte de los geólogos, de la verdadera significación que tienen los estudios sobre los animales y las plantas del pasado, de los métodos y de los medios necesarios para realizar esos estudios, y, en general, de los objetivos y los límites del campo de acción de los zoólogos y botánicos.

El razonamiento de un geólogo con respecto a la utilidad del fósil, es más o menos el que sigue, y cito un caso verídico: Existe cierto pez, de determinadas características morfológicas, que vivió exclusivamente en el Triásico; dicho pez tiene un nombre, se llama *Semionotus*; es importante reconocer a *Semionotus* por sus características morfológicas, pues allí donde el geólogo lo encuentre, sabrá que está en presencia de capas triásicas. Todo conocimiento o toda preocupación adicional sobre el mentado *Semionotus* —por ejemplo, saber que es un holósteo, o tratar de comprender qué significado ha tenido para el problema del origen de los teleósteos—, constituyen refinamientos culturales que poca utilidad tienen, ya que no son pertinentes ni necesarios para que *Semionotus* nos revele el Triásico. Para muchos geólogos, los fósiles no son mucho más que “medallones de la Creación” puestos entre las capas de rocas por un demiurgo benevolente, para que los estratígrafos los encuentren en las secuencias sedimentarias como cartelitos que les indican la antigüedad de los estratos.

Pero volvamos a la polémica entablada entre los paleontólogos norteamericanos. La posición sectaria de Weller suscitó rápida respuesta por parte de Norman D. Newell, especialista en moluscos, particularmente pelecípodos fósiles, y de Edwin H. Colbert, el destacado paleovertebradólogo del American Museum of Natural History. Ambos científicos escribieron un artículo en conjunto (Newell y Colbert, 1948), en el que atacan a fondo los puntos de vista de Weller, que expresan, para estos autores, “la actitud tradicional del geólogo hacia la paleontología” (op. cit., 264). El artículo de Newell y Colbert es convincente cuando trata de demostrar lo ab-

surdo de la pretensión de Weller que ya analizamos, cuando este autor afirma que puede existir una paleontología respetable aun en el caso de que no existiesen conocimientos biológicos (op. cit., 266); es convincente también en la argumentación con que trata de demostrar los peligros de la actitud meramente geológica hacia la paleontología. Su lectura sería de mucho provecho para los colegas geólogos de nuestro país que enarbolan estandartes similares a los de Weller.

Al refutar las argumentaciones de Weller, Newell y Colbert se colocan en una tercera posición. Para ellos, la paleontología tampoco es biología, sino una disciplina intermedia entre la geología y la biología que es ambas cosas a la vez: "Es absurdo llamarla geología o biología, puesto que es ambas cosas" (op. cit., 267); "la paleontología no es una rama ni de la biología, ni de la geología: es paleontología" (op. cit., 266). "Y en la medida en que muestre (el paleontólogo) una propensión fuerte, ya sea hacia la geología o la biología, cesa de ser un paleontólogo bien equilibrado" (op. cit., 266). Estamos ante la misma posición con que Knight inició el debate: la paleontología es una disciplina empinadamente independiente.

Un mes después de la aparición del artículo de Newell y Colbert, ve la luz un importante trabajo de Raymond C. Moore sobre la bioestratigrafía (Moore, 1948). En la introducción, Moore define su actitud ante esta cuestión en forma breve y explícita, pero con un razonamiento que consideramos más semántico que objetivo, en el que se mezclan aseveraciones apodícticas con imprecisiones ambiguas. Veamos lo que dice Moore: "En mi opinión, la paleontología estratigráfica es sinónima de la paleontología propiamente dicha, vista con los ojos de un geólogo, mientras que la llamada paleontología sistemática representa una actitud puramente biológica, que sólo se refiere a la geología para disponer los fósiles en orden de sucesión temporal. La paleontología estratigráfica no es la mera aplicación o adaptación de un segmento de la ciencia biológica para ayudar a establecer correlaciones de estratos y confirmar la disposición de las rocas en una columna estratigráfica. Es más bien el estudio desde todos los ángulos de los organismos antiguos de la tierra en su posición geológica".

"En lo que respecta al status de la paleontología en sus relaciones, por un lado, con la geología, y por otro lado, con la zoología y botánica, disiento fraternalmente de J. Brookes Knight, quien

sostuvo en su discurso presidencial del año pasado, ante la Sociedad Paleontológica, que la paleontología y la preparación de paleontólogos deberían ser sacadas de debajo del manto geológico para darles albergue entre las ciencias biológicas. Aunque admitimos que la paleozoología y la paleobotánica son partes integrantes de la zoología y de la botánica, y que una preparación adecuada para las investigaciones sobre las faunas y las floras fósiles exige instrucción cabal de los estudiantes en la ciencia biológica, no por eso deja de ser verdad que la paleontología es, indisolublemente, una parte de la ciencia geológica. Esta parte de la geología utiliza a la zoología o a la botánica, en la misma forma en que otros aspectos de la geología dependen de la química o de la física. El estudio de los cambios de naturaleza de los conjuntos orgánicos del pasado de la tierra, de la distribución y de los diversos ambientes de esos conjuntos, que pueden deducirse de las evidencias que se hallan en las rocas, es mucho más afín, en interés, objetivos y técnicas, a la geología que a la zoología o botánica. La paleontología estratigráfica es, entonces, una rama biológica de la geología, y su lugar en los planes de estudio de las universidades debe fijarse en un departamento de geología, tan claramente como lo están las ramas químicas y físicas de la geología" (Moore, 1948, 302-303).

Si, según Moore, la paleontología estratigráfica (bioestratigrafía, para nosotros), sinónimo para él de paleontología vista con los ojos del geólogo, es el estudio desde todos los ángulos de los organismos del pasado de la tierra, ¿qué queda para la paleozoología y la paleobotánica? Si la bioestratigrafía estudia los organismos del pasado desde todos los ángulos, también los deberá estudiar desde el ángulo sistemático, y entonces comprenderá también a la paleontología sistemática, y por ende, a la paleozoología y a la paleobotánica.

Corolario: no existe más que la bioestratigrafía, o paleontología vista con los ojos de un geólogo, y ésta es, "indisolublemente, una parte de la ciencia geológica". Pero resulta que los ojos del geólogo acusan una avanzadísima miopía, cuando se trata de comprender el significado cabal que tienen los organismos del pasado, o de interpretar el sentido de los objetivos de la biología, que, para los geólogos, pareciera limitarse a la sistemática, y, lo que es peor, a una sistemática de catálogo y de cuadro clasificatorio. Creo que debemos convenir con Knight en que es preferible albergar a la

paleontología bajo un techo en que esté con compañías menos displicentes.

Creemos que la cita trascrita revela poca claridad en cuanto a la necesaria distinción entre los aspectos básicos y las aplicaciones de una ciencia. Como hemos aclarado más arriba, debe establecerse una distinción entre la paleontología como ciencia básica, disciplina esencialmente biológica —cuya exacta ubicación entre las ciencias de la vida discutiremos más adelante—, cuyos objetivos serían el estudio de la sistemática, la morfología, la filogenia, la ecología, la biogeografía, la evolución, el desarrollo embriológico de los seres del pasado, y la bioestratigrafía o paleontología estratigráfica, que es el conjunto de conocimientos extraídos de la paleontología —ciencia básica— (y obtenidos, insistimos, usando métodos, razonamientos y conocimientos básicos esencialmente biológicos), para ser utilizados a los fines de la correlación estratigráfica y de la reconstrucción de los ambientes de deposición del pasado.

El hecho de que un investigador se sienta subjetivamente más bioestratógrafo que paleontólogo —y creo que es esto lo que sucede con Moore—, no lo autoriza para englobar en la disciplina de sus preferencias al conjunto de la temática de una ciencia básica. Creo que Newell y Colbert han visto con más claridad este problema, cuando afirman: “Sostenemos que la paleontología es el *estudio de los fósiles*, cualesquiera sean los objetivos o las razones de este estudio. Sus objetivos generales sugieren una división dicotómica en paleobiología, que es paleontología básica, y paleontología estratigráfica, que es realmente paleontología aplicada. La paleobiología es, sin duda, fundamentalmente biológica por sus objetivos; pero muchas de sus técnicas son desconocidas para la biología. Sus métodos en el campo, por ejemplo, son en parte los de la estratigrafía. La paleontología estratigráfica, por otro lado, es claramente geológica por sus objetivos, aun cuando sus métodos y sus razonamientos sean, en parte, más cercanos a los de la biología que a los de la geología. Esto equivale a decir que tiene mayor afinidad en algunos campos de la biología que, por ejemplo, con la mineralogía o la geofísica” (Newell y Colbert, 1948, 265).

Una posición similar fue enunciada por Case, cuando dijo: “El estratógrafo y el geólogo regional tienen relación con los fósiles sólo como símbolos para el reconocimiento y como marcadores del tiempo. El paleobiólogo tiene relación con los fósiles como registro de una vida pasada” (Case, 1936, 20).



Esta polémica norteamericana tuvo, a decir verdad, mucho eco y amplia repercusión en los ambientes profesionales de geólogos y paleontólogos de los Estados Unidos. Aportó serias contribuciones conceptuales, y motivó que muchos especialistas dirigiesen su atención hacia el estado de los estudios de su preferencia. Venga al caso, por ejemplo, el artículo de Robin S. Allan (1948) sobre la correlación geológica y la paleoecología, y el simposium sobre los problemas de la paleontología de invertebrados que tuvo lugar en 1955, y cuyos resultados, de verdadero interés, vieron la luz un año más tarde (Kummel et alia, 1954). En este simposium aparece otro artículo de Newell sobre el problema de la ubicación de los estudios paleontológicos (Newell, 1954), en los que el autor insiste, en líneas generales, en los mismos planteamientos formulados en su artículo en colaboración con Colbert. Newell advierte que se nota una ampliación en el interés y en la sensibilidad hacia los problemas fundamentales de la paleontología de invertebrados, y que dicho cambio de actitud se relaciona con el hecho de que se ha advertido que "los fósiles son restos de organismos, más bien que simples herramientas estratigráficas".

Una reedición reciente de la temática de esta polémica es el artículo publicado el año pasado por G. Arthur Cooper, destacado paleobraquiopodólogo de la Smithsonian Institution (Cooper, 1958). Este artículo —que tuvo origen, como el de Knight, en un *presidential address* ante la Sociedad Paleontológica— es muy interesante, ya que, aparte su contenido en relación con el tema que nos preocupa, nos da un panorama objetivo y honesto de la situación de la paleontología de invertebrados en los Estados Unidos. La posición de Cooper con respecto a las relaciones de la paleontología es también separatista, pero con un matiz: este científico considera que la paleontología es más biológica que geológica. "En conclusión, quiero decir que creo que la paleontología (sinónimo de paleobiología) es una ciencia independiente, cuyo objetivo primordial es hacernos conocer los tipos de animales y plantas del pasado, su anatomía, su biología y su filiación evolutiva. La paleontología no es ni biología ni geología; es una ciencia que combina todo lo de la primera y parte de lo de la segunda. La paleontología no es una sirvienta de la estratigrafía, sino que es una ciencia independiente a la cual la estratigrafía proporciona el orden de sucesión de los acontecimientos" (op. cit., 1014). Volveremos enseguida

a los argumentos que da Cooper para justificar su posición separatista.

Dijimos más arriba que en la U.R.S.S. también se debatió no hace mucho tiempo este problema. En realidad, la cuestión de la ubicación de la paleontología en el cuadro de la clasificación de las ciencias naturales se discutió dentro de una temática mucho más amplia, que abarcó el estado general, teórico y organizativo de los trabajos paleontológicos en la Unión Soviética. Dicha discusión fue promovida por la Redacción de la revista *Izvestia Akademii Nauk S.S.S.R., Seria biologicheskaja*, a principios de 1952, y, con la participación de alrededor de veinte especialistas que dedicaron sendos artículos, ocupa cerca de trescientas páginas de las entregas de 1952 y de 1953 de esa revista. Por supuesto, escaparía a las posibilidades de este artículo analizar la totalidad de las contribuciones y de los puntos de vista expuestos en esa discusión. Nos limitaremos al tema que nos ocupa, y lo haremos a través de las opiniones expresadas por el informante principal de esta polémica, el paleoinvertebradólogo armenio L. S. Davitashvili. Pero no queremos dejar de llamar la atención del lector sobre el conjunto de los problemas que se debatieron entonces, y sobre el carácter mismo de esta discusión. De la lectura de las distintas exposiciones se puede sacar mucho provecho, e incluso adecuada orientación para los problemas generales de la paleontología. Aunque lamentablemente estos aportes altamente positivos están rodeados de cierto clima de agresividad ideológica y, muchas veces, de un estrecho sectarismo, no por eso han dejado de ser esclarecedores para los aspectos teóricos de las investigaciones sobre los fósiles.

Para ubicarnos en el problema, veamos algunos antecedentes soviéticos previos a esta discusión. Los más encumbrados investigadores creadores de la paleontología rusa fueron V. O. Kovalevskii y A. P. Karpinskii. El primero fue un sabio evolucionista, y se ocupó principalmente de vertebrados fósiles. Su visión de la paleontología fue esencialmente biológica. Karpinskii, por el contrario, fue especialista en invertebrados, y tan buen geólogo como paleontólogo. Su visión de la paleontología fue primordialmente bioestratigráfica. Pero el desarrollo conspicuo de las investigaciones paleontológicas en la U.R.S.S. comienzan con A. A. Borisiak —especialista en mamíferos fósiles— y sus discípulos, muchos de los cuales son los líderes del movimiento paleontológico contemporáneo en ese país.

Borisiak tuvo una constante preocupación por los problemas teóricos de la paleontología, y dedicó a esos temas varios trabajos. En muchos de ellos se refiere a la cuestión que nos preocupa en este opúsculo. En un artículo aparecido en 1928 (Borisiak, 1928) expresa el punto de vista de que existe una diferencia básica entre la paleontología de invertebrados y la de vertebrados. La primera estaría mucho más ligada a la geología, y tendría un nivel teórico mucho más bajo que la segunda. Por el contrario, la paleontología de vertebrados sería una disciplina esencialmente biológica, y tendría muchas más posibilidades para el desarrollo de las doctrinas paleontológicas (op. cit., 370). En un trabajo ulterior dedicado a Darwin, insiste en este punto de vista, y dice lo siguiente: "El papel teórico rector en la paleontología siempre perteneció a los trabajos sobre vertebrados" (Borisiak, 1932, 533); "El material paleontológico está desacreditado por su secular servicio casi exclusivo a los objetivos de la estratigrafía. La paleozoología nace ante nuestros ojos" (op. cit., 540).

Claro está que dividir a la paleontología en dos mitades, invertebrados y vertebrados, y pretender que cada una de estas mitades es distinta en sus vinculaciones con las otras ciencias y en su proyección teórica general, parece una idea bien poco lógica. El mundo orgánico es uno solo; y ninguna de las distintas disciplinas que estudian aspectos parciales de su totalidad, pueden considerarse de distinta jerarquía o de distinta ubicación en el cuadro de las ciencias. Afirmar que la paleontología de invertebrados es más geológica y menos trascendente que la paleontología de vertebrados, equivaldría a decir que el estudio de las criptógamas es más botánico y más trascendente que el de las fanerógamas, o viceversa. Si la paleontología es la ciencia que estudia los organismos del pasado, no puede haber diversidad de subordinaciones con respecto a las otras ciencias, ni de interés conceptual entre las distintas ramas de esta ciencia. Pretender que la paleontología de invertebrados es más geológica que la paleontología de vertebrados, es tan absurdo como pretender que la micología es más bioquímica que la pteridología. En trabajos ulteriores, el propio Borisiak modifica su punto de vista sobre este asunto.

En varias de sus contribuciones, Borisiak es bien explícito en diferenciar un aspecto básico y un aspecto aplicado de la paleontología, reconociendo la existencia de una paleontología estratigráfica de objetivos geológicos, y de una paleozoología (y de una paleobo-

tánica) subordinada a la biología (Borisiak, 1933, 86; 1947, 19). Precisando la relación de la paleozoología, dice en otro artículo (1945, 199): "La situación de esta ciencia (la paleozoología) no puede ser llamada de otro modo que situación de autodeterminación, ocupando su lugar entre las ciencias biológicas, sus problemas y sus objetivos". Como vemos, esta posición es totalmente coincidente con la expuesta hace poco por Cooper: la paleontología es una ciencia biológica independiente.

Davitashvili se alza enérgicamente contra este planteo: "La paleontología soviética debe rechazar decididamente la llamada biologización de la paleontología" (Davitashvili, 1952, 19). "A. A. Borisiak no está en lo cierto cuando sostiene la tesis falsa de que sólo la *biologización* de la paleontología la hace una ciencia independiente. Nuestros biologizadores de la paleontología no entienden que la paleontología sólo puede ser realmente una ciencia biológica si descubre los secretos de la vida orgánica de los tiempos pasados, las condiciones, causas y leyes del desarrollo histórico de la sustancia viva, sólo a través de la más íntima colaboración y unidad con la geología, estableciendo el desarrollo de los ambientes en los cuales vivieron y se desarrollaron los organismos fósiles, sólo bajo la condición de un servicio efectivo a la geología aplicada y a la economía popular" (op. cit., 20). No insistiremos en que este párrafo es de tono un tanto pueril y panfletario, pues lo cierto es que a pesar de ello hay en él argumentos de interés.

Para desarrollar con éxito la totalidad de los objetivos biológicos de su ciencia, el paleontólogo tiene que tratar de extraer de los datos reunidos por los geólogos, referencias sobre los ambientes del pasado. Pero ¿acaso este requerimiento de información pedido a la geología modifica en algo el carácter totalmente biológico de las preocupaciones por descubrir "las condiciones, causas y leyes del desarrollo histórico de la sustancia viva"? ¿Es que la ecología es menos absolutamente biológica, porque pide a la fisiografía datos sobre los ambientes en que se desarrollan las comunidades bióticas que constituyen el objeto de sus estudios?

Davitashvili se muestra muy preocupado, porque cree que si se insiste en el carácter biológico de la paleontología, se puede disminuir el servicio que esta ciencia brinda a la geología, y a través de ella, al desarrollo económico de su país (pág. 21). Yo creo que esa preocupación nace de no aceptar que existe una paleontología básica, biológica, y una aplicación de la paleontología, la bioestra-

tigrafía, que, por sus objetivos esencialmente geológicos, es la parte de la paleontología que debe prestar servicios a la geología, y por ende a la economía. Davitashvili se expide explícitamente en contra de esta distinción: "Esta contraposición es falsa desde la raíz, y se desmiente por los hechos de la historia de la ciencia. Denota una separación de la teoría con respecto a la práctica, nociva en alto grado tanto para la una como para la otra" (op. cit., 18). Por cierto que Davitashvili llega a esta posición movido por su celo marxista; pero no enfoca bien el problema, pues el marxismo no desconoce la existencia de ciencias de base y de ciencias de aplicación (ver Kedrov, 1955). Diferenciar los aspectos básicos y las aplicaciones de la paleontología es tan objetivo como diferenciar la medicina de la biología, o la minería de la geología. En definitiva, la posición de Davitashvili es que la paleontología es una ciencia independiente, pero equilibradamente ligada tanto con la geología como con la biología, una verdadera ciencia de pasaje.

### III. — OBJECIONES

#### A LA CONSIDERACIÓN DE LA PALEONTOLOGÍA COMO CIENCIA INDEPENDIENTE

Hemos visto que en las discusiones que comentamos en el capítulo anterior, las opiniones se reparten entre considerar a la paleontología una parte de la geología (Weller, Moore); una disciplina independiente de rasgos propios, intermediaria entre la geología y la biología, y ligada a ambas por partes iguales (Knight, Newell y Colbert, Davitashvili), o una disciplina independiente dentro de la biología, con una rama de aplicación, la bioestratigrafía, que se conecta con la geología (Cooper, Borisiak, Case).

Othenio Abel comienza su famoso *Lehrbuch der Paläozoologie*, diciendo que "la Paleozoología, o el estudio de los animales en el pasado de la historia de la tierra, es una parte de la zoología y no de la geología", y que, dentro de la zoología, es "una rama de la investigación más o menos independiente" (Abel, 1920, V). En el mucho más reciente *Lehrbuch der Paläobotanik*, de Gothan, Walther y Weyland (1954), se dice (pág. 12) que la paleobotánica es una rama de la botánica, aunque "también es un medio de ayuda importante de la geología estratigráfica".

Creemos que en la discusión anterior ha quedado bien establecido que las pretensiones de los geólogos hacia la paleontología son



infundadas. La geología es la ciencia de los fenómenos físicos y de la historia de la corteza terrestre. Los organismos, vivientes o extinguidos, son o han sido entes en los que se manifiestan fenómenos de calidad distinta de los fenómenos físicos; los fenómenos vitales, exclusivos de una etapa superior y cualitativamente distinta de organización de la materia: la sustancia viviente. La ciencia que estudia los organismos y los fenómenos de la sustancia viviente, es la biología. Tanto la materia inerte como la materia viva han tenido su historia, y, como la dimensión temporal es una sola, es lógico que la historia de la materia viva haya ido parcialmente paralela a la historia de los procesos geológicos.

Tratar de deducir de ese paralelismo de evolución histórica razones para hacer que el estudio de los organismos del pasado —la paleontología— forme parte del estudio de la historia de la corteza, significa no comprender el principio de objetividad en la clasificación de las ciencias, el hecho de que cada ciencia particular refleja una forma definida del movimiento de la materia (Kedrov, 1955, 88).

Tratar de justificar la pertenencia a la geología de la paleontología por el uso que ésta hace de los datos del registro geológico para establecer el orden de sucesión de los acontecimientos de la historia evolutiva de los animales o las plantas, o para tratar de deducir los ambientes desaparecidos en que se desarrollaron los organismos del pasado, es también infundado, ya que todas las ciencias, diferenciadas por sus objetivos fundamentales, hacen uso de los datos de otras ciencias para analizar sus temas específicos de investigación.

Tampoco se justifica que se trate de fortalecer la vinculación de los estudios sobre los organismos del pasado con la geología por los beneficios prácticos que la geología —y por su intermedio la economía— extrae de esos estudios, ya que los servicios que proporciona la paleontología son patrimonio de una disciplina de aplicación especial: la bioestratigrafía. De manera que de todo lo anterior surge que la ciencia que estudia los animales y las plantas extinguidas, no puede estar englobada más que dentro de la biología.

Ahora bien; cabe preguntarse cuál es la situación de la paleontología dentro de la biología. ¿Es una rama independiente de la biología, o es sólo zoología o botánica? Trataremos de dar respuesta a estas preguntas.

Pasemos revista, en primer lugar, a algunos de los argumentos que se esgrimen para reivindicar un status independiente de la pa-

leontología entre las ciencias biológicas. En el artículo a que hicimos referencia anteriormente, G. A. Cooper (1958: 1012, 1017) dice lo siguiente: "Acepto el hecho de que toda la vida está relacionada, y que la paleontología es, en realidad, paleobiología, una ciencia independiente". "La paleontología, o más bien la paleobiología, difiere de la biología, porque depende de la geología para su secuencia, y el enorme factor de tiempo así involucrado introduce un elemento extraño a la biología." Vuelvo a repetir que no es éste un argumento válido, pues, como hemos visto anteriormente, la dimensión temporal —en toda su amplitud, por enorme que sea— es elemento adquirido en la conceptualización del biólogo moderno; el factor tiempo no es, definitivamente, "un elemento extraño a la biología".

Enseguida Cooper pasa a enumerar las disciplinas componentes de la paleontología, las que, de acuerdo con su criterio, serían las siguientes: 1) Morfología, "el fundamento principal de la paleontología"; 2) taxonomía o la clasificación de los animales; 3) evolución; 4) distribución en el espacio y su disposición en el tiempo; 5) paleoecología; 6) correlación (Cooper, op. cit., 1012).

Ahora bien; nadie puede negar que las disciplinas componentes 1 a 5 son comunes a la zoología y a la botánica. Incluso se pueden agregar otras disciplinas que son también componentes de la paleontología, como la embriología (los paleontólogos estudian, siempre que el material lo permite, las distintas etapas del desarrollo individual de los seres extinguidos) o la histología (los paleontólogos también estudian la estructura de los tejidos de los organismos del pasado), que son también comunes y pertinentes a la zoología o a la botánica.

En cuanto al sexto elemento componente del enunciado de Cooper, la correlación —es evidente que Cooper se refiere a la correlación estratigráfica—, disentimos de este autor en considerarla dentro de los objetivos de la paleontología. La correlación estratigráfica forma parte de los temas esenciales de la estratigrafía. Para establecer correlaciones entre secuencias de rocas, el estratígrafo hace uso de los datos de la paleontología como de los de otras disciplinas: la petrografía, la mineralogía, la tectónica, la sedimentología, el estudio de las facies, etcétera. Cooper dice, al final de su artículo: "Los estratígrafos pueden hacer uso de los fósiles para sus propios objetivos, en la misma medida en que hacen uso de los granos minerales como medio de ayuda para identificar las rocas; pero la co-

relación debe ser dejada al paleontólogo, a causa de sus dificultades morfológicas y a la necesidad de exactitud" (op. cit., 1016).

Yo creo que si se restringe al paleontólogo la función de establecer correlaciones, se afecta seriamente la posibilidad de alcanzar precisiones adecuadas en los intentos por establecer equivalencias entre las distintas sucesiones estratigráficas. La correlación estratigráfica debe tomar provecho de muchos más elementos de juicio que los que proporcionan los restos de organismos ocultos en las rocas. Por otra parte, el paleontólogo, por la complejidad y la especificidad de su campo de acción, difícilmente puede tener información de primera mano y adecuada competencia para manejarse de manera eficiente con los datos de las otras disciplinas que pueden ayudar a la correlación. La correlación es tarea del geólogo, específicamente del estratígrafo, quien, para llevarla a cabo, debe proceder integrativamente, utilizando datos tanto de la paleontología como de otras disciplinas.

Ahora bien; si estamos de acuerdo con este planteo y apartamos la correlación de entre los objetivos de la paleontología, ésta quedaría circunscrita, de acuerdo con la enumeración de sus elementos componentes hecha por Cooper, a disciplinas totalmente coincidentes con las que forman parte ya sea de la zoología o de la botánica. Los argumentos de Cooper no logran convencernos de que la paleontología sea una ciencia independiente dentro de la biología.

En la clasificación de las ciencias naturales hay que tener en cuenta el principio de subordinación. Este principio nos indica que dentro de cada ciencia central, diferenciada sobre la base del principio de objetividad que exige una determinada etapa en el proceso de organización de la materia para determinar los límites entre las distintas ciencias centrales —física, química, geología, biología, etc.—, existen sucesivas disciplinas subordinadas en virtud de la diferente amplitud de sus objetivos. Así, podríamos establecer dentro de la biología la secuencia:

Biología-zoología-morfología-histología-citología-cariología.

Las dos divisiones fundamentales de la biología —zoología y botánica— pueden reivindicar su carácter de ciencias independientes, porque cada una de ellas atiende a formas de organización fundamentalmente diferentes del mundo orgánico, los animales por un lado y las plantas por el otro. Dentro de cada una de estas ciencias, la morfología, la sistemática, la biogeografía, la fisiología, la ecología, etc., son disciplinas subordinadas, cada una de las cuales

atiende objetivos propios y parciales dentro de la totalidad ya sea del mundo animal o del mundo vegetal. Todo esto nos dice que el argumento fundamental para diferenciar una ciencia de las otras radica en una cuestión de objetivos; en que exista la posibilidad real, objetiva, de delimitar un campo de acción, una parte del mundo exterior, que le sea pertinente y exclusiva.

Ahora bien; ¿cuál es el campo de acción de la paleontología? La respuesta es clara, y sobre la misma no hay discrepancias: los animales y las plantas del pasado. Admitiendo esta división en dos grandes objetivos, animales y plantas del pasado, se divide la paleontología tradicionalmente en dos grandes ramas: paleozoología y paleobotánica. Pero los animales y las plantas constituyen el campo de acción de la zoología y de la botánica. Cabe ahora preguntarse: ¿Han tenido los animales o las plantas del pasado alguna característica peculiar que los diferencia, cualitativamente, de los animales y las plantas vivientes, una cualidad diferencial de categoría equiparable a la que diferencia el mundo animal del mundo vegetal? La respuesta es clara: desde luego que no. Aun reconociendo la existencia de grupos extinguidos de plantas y animales, su distinción dentro del mundo vegetal o animal es de categoría similar a la que distingue a los grupos botánicos o zoológicos vivientes en la actualidad; pero nunca de la categoría de las diferencias que separan a las plantas de los animales. Si admitimos esto, debemos concluir que la paleozoología forma parte de la zoología, y la paleobotánica, de la botánica. No tiene sentido, entonces, hablar de una paleontología como disciplina que comprenda tanto el estudio de los vegetales como el de los animales extinguidos.

La distinción entre paleobotánica y paleozoología es de la misma categoría que la distinción entre botánica y zoología. Paleobotánica y paleozoología no son partes integrantes de una disciplina separada, la paleontología, sino que cada una por su lado es parte integrante, la primera, de la botánica, y la segunda, de la zoología.

Esto resulta fácil de comprender, si nos planteamos lo siguiente: ¿Con quién está más vinculado un especialista en helechos fósiles —un paleopteridólogo, empleando un bonito neologismo—, con un pteridólogo o con un especialista en reptiles extinguidos? La lógica nos indica enseguida que la estrecha vinculación de nuestro paleopteridólogo, en objetivos científicos, se da con el colega especialista en helechos vivientes. Incluso nuestro paleopteridólogo puede ignorar lisa y llanamente todo lo que se relacione con los reptiles ex-

tinguidos, sin dejar por eso de ser un muy competente especialista en su rama del conocimiento; pero, eso sí, no podrá ignorar nada de lo que se relacione con los helechos vivientes, su sistemática, su morfología, sus problemas de distribución, su ecología, etc., si se precia de ser un paleopteridólogo conceptuoso y calificado. Pero no puede desconocerse que el especialista en helechos fósiles puede tener intereses comunes con su colega paleoherpetólogo. Estos pueden ser de dos tipos (descartando los intereses o problemas generales que pueden ser comunes a todos los científicos), o de carácter biológico general —problemas de evolución, problemas de sistemática teórica, problemas de biogeografía— o de carácter geológico-estratigráfico. Los primeros no nos evidencian una afinidad mayor que la que une, por ejemplo, a un especialista en hongos con un especialista en tisanuros. En cuanto a los segundos, son intereses extrabiológicos, son intereses esencialmente geológicos, y no justifican de por sí una mayor afinidad entre el paleobotánico y el paleozoólogo, dentro de la biología.

Si continuamos con nuestro razonamiento, deberemos reconocer que, dentro de uno cualquiera de ambos campos —el de los animales, por ejemplo—, se dan las mayores vinculaciones entre los especialistas en grupos afines. Si aceptamos que un investigador de los mamíferos (un mastozoólogo) tiene más afinidad en objetivos de investigación con un especialista en reptiles (un herpetólogo) que con un entomólogo que estudia las moscas (un dipterólogo), ¿qué razón existe para pretender que estos tres, mastozoólogo, herpetólogo y dipterólogo, ejerciten disciplinas más vinculadas entre sí que con el estudio de los mamíferos, los reptiles o los dípteros extinguidos? La lógica nos indica claramente que esa razón no existe; y, sin embargo, se pretende diferenciar una paleozoología, en la que estarían englobados, mencionando sólo los casos de nuestro ejemplo, los estudios de los mamíferos, de los reptiles y de los dípteros del pasado, como disciplina independiente de una zoología exclusivamente neontológica, en la que estarían hermanados los especialistas en mamíferos, reptiles y moscas vivientes. Lo evidente y objetivo es que el especialista en mamíferos extinguidos ejercita un campo del conocimiento vinculado, en primer lugar, con el del mastozoólogo; en segundo lugar, con el del especialista en vertebrados en general; en tercer lugar, con el del zoólogo *sensu lato*, y finalmente, para no apartarnos del mundo de los seres vivos, con el biólogo de visión general.



En las páginas anteriores hice uso reiteradamente de neologismos del tipo de paleovertebradólogo, paleopteridólogo, paleomastozoólogo, paleoherpetólogo. No me movió al hacerlo ningún prurito de pedantería gramatical, sino una intención determinada: introducir al lector en el concepto de que el especialista en determinado grupo de seres extinguidos se vincula más estrechamente con el especialista en los representantes vivientes del mismo grupo, que con cualquier otro especialista en grupos extinguidos de animales o plantas.

Todos estos razonamientos nos llevarían a concluir que la paleontología no es una disciplina independiente dentro de la biología, y que tampoco la paleozoología y la paleobotánica merecen status independiente dentro de la zoología y de la botánica, respectivamente. A pesar de su tinte marcadamente heterodoxo, esta conclusión me parece lógica y satisfactoria.

Por otra parte, creo que esta conclusión puede ayudar a elevar el nivel de las investigaciones zoológicas y botánicas. El objetivo del trabajo zoológico debe ser, por ejemplo, el conocimiento global de todo lo que se relaciona con los animales, y esto sólo puede ser alcanzado exitosamente en la medida en que se unifiquen las evidencias y los conocimientos aportados tanto por el campo neontológico como por el paleontológico. Si un mastozoólogo se propone, para citar un caso, estudiar las relaciones naturales entre los distintos géneros de didélfidos, la historia evolutiva de esta familia de marsupiales y la interpretación de los rasgos de su distribución geográfica, las conclusiones que podría alcanzar serían precarias, si no manejase tanto la evidencia aportada por las formas vivientes como las que surgen del registro paleontológico de la familia. En la misma forma, si un especialista en mamíferos fósiles se propone estudiar los didélfidos extinguidos, sólo puede tener éxito adecuado en su empresa, si adquiere un conocimiento de primera mano sobre las formas vivientes de la familia. La aplicación de este criterio nos llevó a descubrir, hace pocos años, que una subfamilia de didélfidos que se consideraba totalmente extinguida ya en el Mesocenoico, la de los microbioterinos, estaba representada en la fauna viviente por un género atribuido a otra subfamilia (Reig, 1955).

Los vertebrados fósiles se conocen por los restos de su esqueleto; el especialista que se dedica al estudio de estos animales extinguidos debe ser un anatomista competente. Por un anacronis-

mo cuya perduración resulta difícil de explicar, los estudios sobre los vertebrados vivientes se limitan por lo general a una sistemática basada en el análisis y la comparación de los caracteres externos y de unos pocos caracteres internos elegidos de manera más o menos arbitraria. Si se suprime la diferenciación entre ambos campos del conocimiento, se enriquecerá el nivel de los trabajos de los investigadores que estudian los vertebrados actuales. Éstos no podrán contentarse, en el caso de los ornitólogos, por ejemplo, con estudiar sólo las plumas, los picos y las patas de los pájaros; deberán estudiar a fondo la estructura esquelética de las formas vivientes, y por ese camino podrán alcanzar precisiones más aceptables para conocer las relaciones naturales y las vinculaciones filogenéticas entre los distintos grupos de aves. Al mismo tiempo, los estudios de las aves fósiles ampliarán su campo de acción y el nivel de sus investigaciones, si se integran en el campo neontológico. No sólo será la estructura esquelética de las aves extinguidas la que podrán manejar para su tarea de estudiar los problemas evolutivos y macrosistemáticos. Podrán encarar el estudio de la totalidad de la organización de los distintos grupos de aves para afrontar esos problemas.

Creo que la diferenciación de la paleozoología y de la zoología, de la paleobotánica y de la botánica, resulta de un equívoco de ubicación conceptual, que se viene arrastrando por tradición. Este divorcio entre el estudio de los organismos extinguidos y el de los vivientes que presupone la adjudicación de unos y otros a disciplinas independientes, se nos evidencia como perjudicial y retrógrado, e incompatible con los enfoques y las tareas de la biología moderna. Tanto la botánica como la zoología se beneficiarán ampliamente, si llega a comprenderse la necesidad de superar este equívoco.

Deberemos concluir, entonces, que no existe derecho ni razón para tratar de reivindicar un status independiente para la paleontología. Ésta no existe como ciencia aparte; es sólo botánica o zoología. Tampoco es una parte independiente de la botánica o de la zoología, pues cada especialidad botánica presupone el conocimiento integral de todas las plantas o animales de esa determinada especialidad, ya sean vivientes o extinguidos.

Claro está que esta conclusión debe estar acompañada por la aceptación de que entre la biología y la geología existe una ciencia de pasaje que, utilizando los datos reunidos por la zoología y la

botánica en cuanto al conocimiento de los animales y las plantas del pasado, y particularmente su sucesión en el tiempo, tenga por objetivo proporcionar al estratígrafo elementos válidos para las correlaciones entre distintas secuencias de rocas sedimentarias, y reconstruir los ambientes y las condiciones físicas en que se desarrolló la vida del pasado. Ésa es la tarea de la bioestratigrafía, para la cual podría justificarse, si no un status independiente, por lo menos la situación de una ciencia de transición, como pueden ser la geoquímica y la bioquímica.

Si aceptamos estas conclusiones, deberemos revisar a fondo los planes de estudio de las carreras en ciencias naturales, por un lado; y por otra parte, la organización de los institutos de investigación. Sobre estos problemas quiero detenerme en otra ocasión.

#### IV. — CONCLUSIONES

De toda la discusión anterior surge la necesidad de revisar las ideas dominantes sobre ubicación de los estudios relativos a los organismos del pasado, dentro del cuadro de la clasificación de las ciencias naturales. Siguiendo ese propósito, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

1) La paleontología no es una rama de la geología. Las pretensiones de los geólogos hacia la paleontología son infundadas, ya que los objetivos de ésta son esencialmente biológicos. La subordinación de la paleontología con respecto a la geología ha tenido siempre consecuencias depreciatorias para los estudios sobre los animales y las plantas del pasado.

2) Los objetivos y los métodos de trabajo del paleontólogo son los mismos que los objetivos y los métodos científicos de la zoología o la botánica. Por ende, los estudios sobre los organismos del pasado forman parte indisoluble de los estudios, ya sean zoológicos o botánicos. Los estudios paleontológicos sólo tienen cabida entre las ciencias biológicas.

3) Dentro de la biología, no puede justificarse la existencia de una disciplina independiente para las investigaciones sobre los animales o las plantas del pasado. Siendo éstos de la misma cualidad que los vivientes, y estando ligados unos a otros por un único proceso de evolución histórica, la ciencia que los estudie no puede ser otra que la zoología o la botánica. No tiene justificación, entonces,

hablar de una paleontología como disciplina que, comprendiendo a la paleobotánica y a la paleozoología, esté contrapuesta a una neontología que comprenda a la botánica y a la zoología. Los estudios sobre las plantas extinguidas pertenecen a la botánica, y las investigaciones sobre los animales extinguidos pertenecen a la zoología.

4) Entre la zoología y la botánica, por un lado, y la geología, por el otro, existe una ciencia de transición, la bioestratigrafía, cuyos objetivos son el estudio de las regularidades de la sucesión estratigráfica de las faunas extinguidas, y la reconstrucción de los ambientes y las condiciones físicas en que se desarrolló la vida en el pasado geológico.

### BIBLIOGRAFÍA

- ABEL, O. 1920. *Lehrbuch der Paläozoologie*, Gustav Fischer, i-xvi, 1-500.
- ALLAN, R. S. 1948. "Geological correlation and paleoecology." *Bull. Geol. Soc. of America*, LIX, 1.
- BORISIAK, A. A. 1928. "Ocheriednaia zadacha russkoi paleontologii." *Priroda*, 4.
- 1932. "C. Darwin i geologicheskaja letopis." *Priroda*, 6-7.
- 1933. "Paleontologia za 15 liet." *Priroda*, 3-4.
- 1945. "Paleontologia", in "Uspekhi biolog. nauk v S. S. S. R. za 25 liet".
- 1947. "Osnovniie problemi evolutzionnoi paleontologii."
- CASE, E. C. 1936. "Paleoecology of the vertebrates." In Twenhofel, W. H.: "Report of the Committee on Paleoecology, 1935-1936".
- COOPER, G. A. 1958. "The science of paleontology." *J. Paleont.*, XXXII, 5.
- DAVITASHVILI, L. S. 1952. "O ninieshniem sostoianii sovetskoi paleontologii i perspektivakh ieio razvitiia." *Izv. Ak. Nauk S. S. S. R., Seriya biol.*, 2.
- GOTHAN, WALTHER UND WEYLAND. 1954. *Lehrbuch der Paläobotanik*.
- KEDROV, B. 1955. "Klassifikatsia nauk." *Voprossi Filosofii*, 2.
- KNIGHT, J. B. 1947. "Paleontologist or geologist?" *Bull. Geol. Soc. America*, LVIII.
- KUMMEL ET ALIA. 1954. "Status of invertebrate paleontology, 1953." *Bull. Mus. Comp. Zool.*, CXII, 3.
- MOORE, R. C. 1948. "Stratigraphical paleontology." *Bull. Geol. Soc. America*, LIX, 4.
- NEWELL, N. D. 1954. "Toward a more ample invertebrate paleontology." *Bull. Mus. Comp. Zool.*, CXII, 3.
- NEWELL, N. D., AND E. H. COLBERT. 1948. "Paleontologist-biologist or geologist?" *J. Paleont.*, XXII, 2.
- REIG, O. A. 1955. "Noticia preliminar sobre la presencia de microbiterinos vivientes en la fauna sudamericana." *Inv. Zool. Chilenas*, II, 8.
- SANDERS, H. L. "Cephalocarida and crustacean phylogeny." *Systematic Zool.*, VI, 3.

- STORMER, L. 1944. "On the relationships and phylogeny of fossil and recent arachnomorpha." *Skr. Vid. Akad. Oslo*, 1. M.-N. Kl., 5.
- WELLER, J. M. 1947. "Relations of the invertebrate paleontologist to geology." *J. Paleont.*, XXI, 6.



## ¿Qué es un problema científico?

Por MARIO BUNGE \*

CONTENTS. — What is a problem? What distinguishes the scientific statement of problems? What questions does the research worker ask in connection with a particular problem? Which are the types of the most frequent scientific problems? What is the resemblance between a scientific problem and a cross-word puzzle? Are there recipes for solving problems? What is the fate of scientific problems? Are there insoluble problems in science? Does the number of problems tend to decrease?

### 1. ¿QUÉ ES UN PROBLEMA?

LA PALABRA 'problema' y sus equivalentes en otros idiomas designan una dificultad que no puede resolverse automáticamente, esto es, con la sola intervención de los reflejos incondicionados o aprendidos. La formulación lingüística de una dificultad suele tomar la forma de una pregunta, tal como: "¿Cuál es el origen de la vida?" En cambio, el enunciado de la tarea que propone un problema suele tomar la forma de una oración imperativa, tal como: "Averiguar el origen de la vida". Los problemas humanos son preguntas que se plantean en las esferas del hacer (problemas prácticos), del conocer (problemas teóricos y/o prácticos) y del decir (problemas lingüísticos).

Un problema puede consistir, sea en

1) *llenar un vacío* existente en nuestro equipo biopsíquico o cultural, sea en

2) *resolver una contradicción* entre dos o más proposiciones.

Las tareas de la primera clase pueden clasificarse, a su vez, en estos dos grupos:

\* Doctor en ciencias físicomatemáticas. Profesor titular de Filosofía de la Ciencia en la Universidad de Buenos Aires, y de Física Teórica en la Universidad de La Plata.

a) *problemas de encontrar*, crear o construir algún objeto, material o ideal, y

b) *problemas de demostrar* (o refutar) o confirmar (o disconfirmar) una proposición o un sistema de proposiciones (teoría).

Los demás animales buscan cosas y crean nuevas pautas de su propia conducta individual y social para resolver los problemas que les presenta toda situación nueva, para enfrentar la cual no les basta su *stock* de cosas y reflejos. Sólo el hombre se plantea problemas lógicos, como son demostrar un teorema, confirmar una hipótesis científica, o decidir entre teorías incompatibles. Más, aún: el hombre es el único animal problematizador, el único que descubre dificultades por placer. Como si nos propusiéramos refutar la filosofía pragmatista, nos complicamos la vida inventando problemas que se agregan a los que nos plantea el medio natural y social en relación con la lucha por la vida. A tal punto, que asignamos tanto o más talento —o peligrosidad, según el caso— al que es capaz de “ver” problemas nuevos que a quien es capaz de resolverlos.

La actitud problematizadora se acentúa en la ciencia y en la filosofía crítica (no dogmática). Así, por ejemplo, un objeto arcaico recién descubierto en una excavación será una mercancía para el anticuario, un estímulo de sensaciones estéticas para el esteta, y algo que llene una casilla para un coleccionista. En cambio, para el arqueólogo será un problema, o, mejor dicho, planteará un cúmulo de problemas. El objeto tendrá “sentido” para el arqueólogo en la medida en que sea testimonio de una cultura desaparecida, algunos de cuyos rasgos podrá inferir del examen comparado del objeto, cuya forma y función podrá explicar formulando conjeturas (hipótesis) acerca del modo de vida y de pensamiento de las gentes que lo hicieron y lo usaron. Para el arqueólogo, en suma, el objeto no será un mero dato, sino que le propondrá un grupo de problemas cuya solución provisional constituirá un nuevo dato.

Advertir problemas que los demás pasan por alto, plantearlos con claridad, encajarlos en un cuerpo de conocimientos, resolverlos con el máximo rigor posible proponiéndose primordialmente enriquecer el saber: tales son los cometidos del investigador científico, problematizador —pero no misterizador— por excelencia.

## 2. ¿EN QUÉ CONSISTE EL PLANTEO CIENTÍFICO DE UN PROBLEMA?

Decía Kant que lo que es dato (*Gabe*) para la sensibilidad, es tarea (*Aufgabe*) para el intelecto. El entendimiento no se conforma con los datos que le proporcionan los sentidos: los elabora, los pone en duda, y crea nuevos objetos. El término 'dato' es algo infortunado, pues sugiere una actitud pasiva. No todo dato nos es dado; la experiencia cotidiana provee datos propiamente dichos; pero la experiencia científica busca nuevos datos, y hasta los produce deliberadamente, como ocurre con la experimentación. Además, en la esfera del conocimiento no hay dato sin problema, ni problema sin dato. En efecto: la investigación científica es una actividad consistente en advertir, plantear y resolver problemas, y ninguno de estos tres momentos se da en el vacío, sino que supone un conjunto de datos, algunos de los cuales figuran explícitamente en los enunciados de los problemas. Toda ciencia hecha es un conjunto de respuestas a un círculo de problemas, respuestas que a su vez plantean nuevas tareas a la investigación.

Un problema puede considerarse planteado científicamente, si a) se lo formula en términos inteligibles y precisos; b) se dispone de un fondo de conocimientos en el que pueda encajar, y c) puede abordárselo mediante algún procedimiento (método o técnica) disponible o inventable. No se plantea, pues, un problema cuando no se sabe nada; y, cuanto más se sabe, tanto mayor es el número de problemas que se pueden plantear. Moraleja: De poco sirve saber mucho, si el saber no alcanza para plantear problemas nuevos.

Así, por ejemplo, el planteo científico de la pregunta filosófica: "¿Qué es el espacio?", supone el caudal de conocimientos de que disponen la física y la matemática acerca de los distintos espacios. Y el dato de que mediante el microscopio electrónico se ha descubierto un virus cancerígeno, no tiene sentido para un indio toba que vive de la caza y de la pesca, pues pertenece a un círculo de problemas que no es el suyo. No hay problema científico sin datos, ni dato que tenga sentido fuera de un círculo de problemas.

"¿Cuál es la fórmula exacta del óxido de platino?" Quien se formula esta pregunta con ánimo de responderla científicamente, conoce al menos algunas propiedades del compuesto en cuestión, y domina las técnicas del análisis químico y físico. En cambio,

quien pregunta: "¿Cuál es el sentido de la vida?", no suele entender los términos 'sentido' y 'vida', ambos sumamente vagos y ambiguos, ni tiene idea del método mediante el cual podría alcanzar una respuesta. No podrá pretender una respuesta precisa quien no formule la cuestión en términos inteligibles y precisos, y carezca de los medios para resolverla.

Rara vez nos planteamos problemas para cuya solución carecemos de métodos adecuados; pero a veces carecemos de dichos métodos, lo que nos plantea un nuevo problema: el de diseñar nuevos métodos. Es lo que hizo el adolescente Evariste Galois, ante la imposibilidad de resolver ecuaciones algebraicas de grado superior al cuarto por medio de la radicación. Obviamente, Galois ni siquiera se hubiera propuesto este problema, si no hubiera dispuesto del dato de que el método de la radicación había fracasado en relación con dichas ecuaciones.

La naturaleza de los problemas científicos no está determinada solamente por la naturaleza de los objetos a que se refieren. La propia selección de los problemas está determinada por los conocimientos disponibles, por intereses teóricos (confirmación o refutación de una teoría), por las posibilidades metodológicas (disponibilidad de una técnica adecuada) y aun por supuestos filosóficos (p. ej., la posibilidad de averiguar la esencia de las cosas). Los problemas no "surgen", no "se" nos plantean, no "se" nos dan impersonalmente: somos nosotros, con nuestros conocimientos y nuestros prejuicios, quienes los formulamos.

Por ejemplo, ¿por qué a los físicos y demás científicos que se ocupan de la naturaleza, casi nunca "se" les plantean problemas que exijan el empleo de la lógica simbólica? ¿No será, al menos en parte, porque están habituados a recurrir al equipo numérico y métrico que provee la matemática común? Si recibieran una instrucción lógica tan intensa como la matemática que reciben actualmente, ¿no "se" les plantearían con mayor frecuencia problemas de naturaleza lógica, tales como los que se resuelven mediante el álgebra de las clases? <sup>1</sup>

<sup>1</sup> U. Farinelli y A. Gamba (1955), "Physics and Mathematical Logic", *Nuovo Cimento*, ser. X, vol. 1, 1152.

### 3. ¿QUÉ PREGUNTAS SE FORMULA UN INVESTIGADOR ANTE UN PROBLEMA PARTICULAR?

El investigador científico no suele formularse una pregunta aislada, sino una constelación de preguntas; o, si se prefiere, los problemas científicos suelen consistir en grupos de preguntas, y ello especialmente en el terreno de las ciencias de la realidad. Supongamos que un sociólogo se proponga estudiar el problema psico-social del liderazgo en una comunidad determinada. ¿Qué cuestiones se planteará? Morris y Seeman<sup>2</sup> proponen la siguiente lista de preguntas:

#### 1) *¿Quién es el líder?*

La pregunta no es trivial: para individualizar al líder, no basta saber qué lugar ocupa en la jerarquía oficial, ya que el rey de un país o el presidente de un trust pueden ser meras figuras decorativas. Habrá que adoptar una definición de 'líder' que pueda usarse como criterio operacional de individualización; p. ej., la siguiente: "El líder de un grupo es el individuo que ejerce la mayor influencia sobre los demás miembros del grupo".

#### 2) *¿Cómo se define 'comportamiento propio de un líder'?*

Una parte del comportamiento del líder es peculiar de su función como tal. Esta parte puede definirse, también en términos operacionales, de la siguiente manera: "Comportamiento propio de un líder es todo comportamiento que cambia en algo el comportamiento del grupo".

#### 3) *¿Cómo describir y analizar el comportamiento propio de un líder?*

Casi todos los estudios sobre el tema se limitan a la valuación o a los rasgos (cualidades) del líder, descuidando en cambio su conducta, que es lo observable. Un estudio operacional de las funciones del líder deberá comprender la descripción de las mismas, la forma en que las desempeña, si se muestra dominador, si se mantiene separado del grupo, etc.

<sup>2</sup> Richard T. Morris y Melvin Seeman (1950), "A Paradigm for the Study of Leadership", *American Journal of Sociology*, 51, 149 (1950), reproducido en P. Lazarsfeld y M. Rosenberg (compiladores), *The Language of Social Research*.



4) *¿Qué factores individuales son pertinentes al liderazgo?*

Es decir, qué rasgos o variables individuales son favorables o desfavorables al desempeño de las funciones de líder.

5) *¿Qué factores de grupo son pertinentes al liderazgo?*

Esto es, de qué manera está organizado el grupo, cuáles son sus finalidades, su sistema de comunicación, su grado de integración, etc.

6) *¿Por qué se comporta el líder como lo hace?*

Determinación de los factores que provocan las diferencias que caracterizan el comportamiento propio de un líder.

7) *¿Cuáles son los fenómenos concomitantes con el liderazgo?*

Análisis preliminar a la búsqueda de pautas causales.

8) *¿Cuáles son los resultados del liderazgo?*

Es decir, cuáles son los cambios que introduce el líder, tanto en el grupo como en sí mismo.

9) *¿Cuáles son los factores condicionantes?*

Los factores individuales y de grupo condicionan las relaciones entre el comportamiento propio de un líder y otros factores. Por ejemplo, el tamaño del grupo influye sobre el liderazgo: el grupo pequeño favorece el centralismo autoritario, el grande favorece la espontaneidad del individuo y la violación de normas.

10) *¿Cómo se valúan los resultados del liderazgo?*

Diseño de criterios de bondad o eficacia del liderazgo, en términos de los resultados que obtiene el grupo, y en términos de los resultados obtenidos por el líder. Por ejemplo: aumento de cohesión del grupo, medida en que ha alcanzado ciertas metas, y éxito logrado por el líder en su promoción.

Obsérvese que las dos primeras cuestiones son de índole semántica, puesto que se reducen a la búsqueda de definiciones adecuadas. La tercera y la décima son de carácter metodológico: la tercera se refiere al tipo de variables a estudiar, y la última, a la elaboración de ciertos criterios. Sólo las seis preguntas restantes pueden estudiarse mediante investigaciones empíricas. Esto nos muestra cuán errada es la opinión según la cual la ciencia fáctica sólo se ocupa de fenómenos y mediciones.

#### 4. ¿CUÁLES SON LOS TIPOS DE PROBLEMAS CIENTÍFICOS MÁS FRECUENTES?

Ensayemos una sistemática de las cuestiones que se formulan con mayor frecuencia en las ciencias fácticas. Para ello empecemos por reconocer las grandes etapas de la tarea que comúnmente se denomina 'resolver un problema', y que en realidad no comienza con la resolución propiamente dicha, ni termina con la obtención de la solución. Dichas etapas son: planteo, exploración previa, descripción, explicación, y control de la solución. Las cuestiones que involucran cada una de estas etapas, son, entre otras, las siguientes:

##### I. *Planteo*

- 1) ¿Cuál es el problema?
- 2) ¿Cuáles son los datos?
- 3) ¿Cuáles son las condiciones que ligán los datos a la incógnita, o la relación que liga la hipótesis a la conclusión?
- 4) ¿Cuáles son las hipótesis auxiliares?
- 5) ¿De qué medios se dispone para abordar la tarea?
- 6) ¿Con qué fin se busca la solución?

##### II. *Exploración preliminar*

- 7) ¿A qué se parece?
- 8) ¿Cómo se define? (o bien: ¿Se lo adopta como concepto primitivo?).
- 9) ¿Se demuestra o se admite como postulado?
- 10) ¿Es observable?
- 11) ¿Es contable o medible?
- 12) ¿Cómo se lo cuenta o mide?

##### III. *Descripción*

- 13) ¿Qué es? (referente).
- 14) ¿Cómo es? (cualidades).
- 15) ¿Dónde está? (lugar).
- 16) ¿Cuándo ocurre? (tiempo).
- 17) ¿De qué consta? (composición).
- 18) ¿Cómo están relacionadas las partes? (configuración).

##### IV. *Explicación*

- 19) ¿Cuáles son las variables relevantes? (factores).

- 20) ¿Cuáles son los factores determinantes? (causa).
- 21) ¿Cómo están relacionadas las variables relevantes? (ley).
- 22) ¿De qué (o de dónde) proviene? (origen).
- 23) ¿En qué se transforma? (evolución).
- 24) ¿Cuánto mide? (cantidad).

#### V. *Control de la solución*

- 25) ¿Cuál es el error probable cometido?
- 26) ¿Puede obtenerse el mismo resultado por otras vías?
- 27) ¿Se conocía la solución?
- 28) ¿Es compatible con las hipótesis admitidas?
- 29) ¿En qué afecta a las teorías existentes?
- 30) ¿Cuál es su dominio de validez?

Las preguntas de planteo y de control se presentan en todas las ciencias; solamente la 25ª no se presenta en la lógica y en la matemática pura. También las tres primeras cuestiones de exploración preliminar se formulan en todas las ciencias. Una respuesta detallada a las preguntas 13ª y 14ª constituye una clasificación. "¿Por qué?" no es una pregunta aislada, sino una constelación de preguntas cuya respuesta es una explicación (grupo IV); la explicación científica se funda sobre una descripción (grupo III), y consiste en una aplicación de una o más leyes, a pesar de lo cual con frecuencia se formula esta pregunta en un pie de igualdad con las cuestiones relativas a las relaciones existentes entre las variables accesibles a la experiencia.

Obsérvese una vez más que las preguntas que se formulan en el dominio de una ciencia de la realidad, distan de referirse todas a operaciones empíricas.

#### 5. ¿EN QUÉ SE PARECE UN PROBLEMA CIENTÍFICO A UN PROBLEMA DE PALABRAS CRUZADAS?

La naturaleza y el modo de resolución de los problemas científicos se aclara trazando un paralelo con un tipo de problemas familiares, como es el de las palabras cruzadas. Se advierten los siguientes rasgos comunes:

1) En ambos casos se trata de *problemas* (el de las palabras cruzadas es un problema de encontrar). En un caso, la incógnita es un grupo de palabras ligadas entre sí; en el caso de la ciencia,

la incógnita es un objeto (p. ej., un triángulo), una propiedad (p. ej., el peso de un cuerpo), el valor de verdad de una proposición (p. ej., el enunciado de una ley), etc.

2) En ambos casos *los términos del problema son claros* o susceptibles de ser aclarados: se sabe qué se busca y de qué medios se dispone, por lo cual se sabe en qué condiciones podrá decidirse si el problema ha sido resuelto. Esto es, se conocen con precisión los constituyentes del problema. En el caso de las palabras cruzadas, éstos son: las palabras buscadas (incógnitas), los enunciados que las describen (datos) y el cuadro en el que hay que insertarlas (condición). En el caso del problema geométrico elemental: "Dados los puntos  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ , encontrar la recta que pasa por  $P_1$  entre  $P_2$  y  $P_3$  y equidista de  $P_2$  y  $P_3$ ", los datos son los puntos  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$ ; la incógnita es la recta que satisface las condiciones de pasar por  $P_1$  y equidistar de  $P_2$  y  $P_3$ .

3) En ambos casos, el operador *se funda sobre conocimientos previos*. Así como un analfabeto no podría abordar un problema de palabras cruzadas, tampoco una persona totalmente carente de conocimientos puede abordar la resolución de un problema científico.

4) En ambos casos se procede *formulando hipótesis*. En el caso de las palabras cruzadas, las hipótesis consisten en suponer ciertas palabras que responden a la descripción que figura en las instrucciones o datos, y que además combinen adecuadamente con las palabras que ya se han encontrado. En el caso del problema científico, las hipótesis han de satisfacer las condiciones de ser compatibles entre sí y de dar cuenta de los datos; además, es deseable, aunque no indispensable, que sean compatibles con el saber más sólidamente asentado.

5) En ambos casos *las hipótesis se ponen a prueba*; esto es, se comprueba si corresponden a los datos y condiciones del problema.

6) En ambos casos el problema puede ser *parcialmente indeterminado*, de modo que la solución puede ser ambigua. Esto es, distintas hipótesis pueden satisfacer las mismas condiciones, y ser compatibles con los mismos datos. Esto ocurre toda vez que las condiciones son necesarias, pero no suficientes, para determinar las incógnitas. En los problemas de palabras cruzadas, la ambigüedad asociada con cada una de las palabras tomada aisladamente

disminuye cuando se impone la condición de que esa palabra debe combinar con otras; en los problemas científicos, la ambigüedad disminuye cuando se los resuelve por vías diferentes, esto es, cuando las hipótesis se verifican de diversas maneras independientes entre sí, o cuando un mismo dato empírico se obtiene con distintas técnicas.

7) Tanto en el caso del problema de palabras cruzadas como en el caso de un problema relativo a la realidad, se exige una *doble coherencia*: interna y externa. La concordancia o compatibilidad de unas palabras con otras es el análogo de la coherencia lógica o interna; la concordancia con los datos y condiciones del problema es el análogo de la concordancia con los hechos.

8) En ambos casos se *controla la solución*. En el caso de las palabras cruzadas, se la contrasta con la que publica el diario; en el caso de una medición, se la repite; en el caso de una operación aritmética, se la somete a una de las "pruebas", etc.

Las analogías señaladas no deben hacernos olvidar las siguientes diferencias: *a)* la clase de los problemas de palabras cruzadas es cerrada, en tanto que los problemas científicos son, potencialmente, infinitamente diversos; *b)* el objetivo de la investigación es el aumento del conocimiento, y no solamente el entretenimiento; *c)* el producto de dicha investigación se emplea para explicar y predecir nuevos hechos; *d)* no hay solución definitiva de problemas científicos en el dominio de las ciencias fácticas; *e)* los problemas de demostrar, y de resolver contradicciones, carecen de análogos en los juegos.

## 6. ¿HAY RECETAS PARA RESOLVER PROBLEMAS?

No se conocen recetas infalibles para cocinar soluciones manipulando los ingredientes de los problemas. Pero pueden darse algunas sugerencias para aumentar la probabilidad de éxito. Por ejemplo, las que siguen:

### 1) *Plantear el problema con claridad*

Reducir a un mínimo la vaguedad y ambigüedad de los términos.

Evitar las formas sintácticamente defectuosas.

Escoger símbolos adecuados, notaciones simples y sugerentes.



2) *Ubicar el problema*

Determinar si se trata de un problema del conocimiento, de la expresión o de la acción.

Localizar el problema en una disciplina o grupo de disciplinas.  
Averiguar los antecedentes.

3) *Individualizar los constituyentes del problema.*

En el caso de los problemas de encontrar: reconocer los datos, la incógnita y la condición que los liga. En el de los problemas de probar: reconocer la hipótesis, la tesis y los elementos de prueba. En el caso de las contradicciones a resolver: reconocer las tesis contrapuestas y los argumentos que las sustentan.

4) *Sacar a luz las hipótesis tácitas*

Señalar los supuestos relevantes que no se enuncian explícitamente en el planteo.

5) *Simplificar*

Eliminar las rebabas (p. ej., datos o condiciones redundantes).  
Si el problema es complejo, descomponerlo en problemas más sencillos.

6) *Buscar problemas parecidos ya resueltos*

Tratar de incluir el problema dado en una clase de problemas abordados anteriormente.

7) *Trasformar el problema*

Variar los constituyentes del problema, tratando de convertirlo en otro problema, más sencillo o más familiar, del mismo campo.

8) *Exportar el problema*

Convertir el problema dado en otro, más sencillo, de un campo diferente, al modo en que un problema de geometría métrica puede traducirse a un problema algebraico.

9) *Controlar la solución*

Comprobar si es "razonable" (p. ej., aplicándola a un caso particular conocido).

Repetir el procedimiento seguido o ensayar una técnica independiente.

Recordar las simplificaciones y aproximaciones realizadas.

La quinta operación —simplificar— es crucial, y puede efectuarse en la mayoría de los casos. Comporta la eliminación de elementos redundantes, la esquematización, y la descomposición del problema dado —usualmente complejo, o “molecular”— en problemas simples o “atómicos”. Por ejemplo, la ecuación algebraica de segundo grado  $ax^2 + bx + c = 0$ , plantea un problema molecular; el cambio de variables  $x = y - (b/2a)$ , la convierte en la ecuación  $y^2 = (b^2 - 4ac)/4a^2$ , que es un problema atómico soluble por radicación.

La simplicidad del planteo de un problema es condición necesaria, pero no suficiente, para resolverlo. Hay problemas de enunciados elementales que hasta ahora han desafiado los ataques de los investigadores más geniales. Por ejemplo<sup>3</sup>: a) Dado  $n$ , calcular el  $n$ -ésimo número primo; b) Encontrar un número primo mayor que un primo dado; c) Demostrar la conjetura de Goldbach, de que todo número par mayor que 2 puede descomponerse en la suma de dos números primos. Quien resuelva estos problemas, tendrá asegurada la inmortalidad.

## 7. ¿CUÁL ES EL DESTINO DE LOS PROBLEMAS CIENTÍFICOS?

Los problemas pueden eliminarse, esclarecerse, resolverse y, desde luego, también pueden dejarse para entretenimiento de las generaciones venideras.

### 1) *Eliminación*

La ciencia avanza no sólo resolviendo problemas, sino también eliminando cuestiones. Los problemas legítimamente eliminables son de dos tipos:

- a) *seudoproblemas*, o cuestiones mal planteadas;
- b) problemas *insolubles* con los medios estipulados o disponibles.

Los seudoproblemas abundan en las metafísicas tradicionales, pero de cuando en cuando aparecen en ciencia. He aquí algunos seudoproblemas particularmente divertidos: ¿Cuándo fue creado el universo? (Pregunta compleja, que supone un acto de creación so-

<sup>3</sup> R. D. Carmichael (1914), *The Theory of Numbers* (New York, Wiley), p. 29.

brenatural.) ¿Quién fue primero: el huevo o la gallina? (Cuestión eliminada por la teoría evolucionista, que mostró que no se trata siempre del mismo huevo y de la misma gallina.) ¿Quién fue el primer hombre? (Pregunta eliminada por la misma teoría transformista, al mostrar que entre dos especies vecinas hay una zona de vaguedad o transición continua.) ¿Dónde está situada el alma? (Pregunta compleja, que presupone que el alma existe y tiene extensión.) ¿Cómo es posible el conocimiento a priori de la geometría del espacio? (Pregunta de Kant, eliminada por la epistemología moderna, que muestra que la geometría es a priori, pero precisamente porque no se refiere al espacio físico, sino a espacios imaginarios o ideales, algunos de los cuales pueden ponerse en correspondencia con el espacio físico.)

Los problemas insolubles con los medios estipulados o disponibles, suelen ser más patéticos que cómicos. He aquí algunos ejemplos clásicos: Efectuar la cuadratura del círculo y la trisección del ángulo con la sola ayuda de la regla y del compás. Encontrar la piedra filosofal y el elixir de la larga vida. Efectuar la transmutación de los elementos por medios exclusivamente químicos. Hallar la forma de gobierno perfecta.

## 2) *Esclarecimiento*

Algunos problemas no se resuelven en un momento dado, pero se esclarecen. Basta esclarecer un problema —esto es, replantearlo con mayor precisión y claridad— para facilitar su solución (positiva o negativa). Otros problemas sólo se esclarecen —aunque parezca extraño— después de resueltos, o después de ofrecidas diversas soluciones incompatibles entre sí; tal es el caso de las diversas interpretaciones de la mecánica cuántica, problema esclarecido, aunque no resuelto, por el análisis epistemológico *a posteriori*.

## 3) *Solución*

Las soluciones son, obviamente, de tres clases:

a) *falsas*, pero no por ello del todo estériles, ya que pueden promover nuevas investigaciones, como ocurrió con la astronomía de Tolomeo y con la teoría del flogisto;

b) *aproximadas o corregibles*; la mayoría de los problemas empíricos y un gran número de problemas matemáticos sólo admiten soluciones aproximadas (pero corregibles), del tipo de la extracción de la raíz cuadrada de 2;

c) *definitivas o incorregibles*; la mayoría de los problemas lógicos, y de los problemas matemáticos de probar, pueden resolverse de manera concluyente.

¿Qué hacer con un problema científico que resiste las tentativas de solución? La actitud trivial es abandonarlo; pero los científicos no son derrotistas y suelen tener mucho amor propio, de modo que si abandonan un problema suelen hacerlo en forma provisional, quedando a la espera de mayores datos o de más inspiración. Agotados los recursos mencionados en el párrafo anterior —tales como sacar a luz las hipótesis tácitas, simplificar, buscar parecidos, variar los constituyentes, y exportar el problema a otro dominio del conocimiento—, lo aconsejable es proceder de la siguiente manera:

- 1) *Ensayar otros métodos conocidos.*
- 2) *Inventar nuevos métodos* (lo que, desde luego, es más fácil de aconsejar que de hacer).
- 3) *Reexaminar el planteo* del problema para comprobar: a) si no es un seudoproblema, y b) si los medios estipulados o disponibles para resolverlo son suficientes.

## 8. ¿HAY PROBLEMAS INSOLUBLES EN CIENCIA?

La tradición oscurantista quiere que haya problemas insolubles: misterios y antinomias. La tradición racionalista afirma la solubilidad de todo problema, sujeta a las siguientes condiciones: a) que el plazo no sea limitado; b) que el planteo sea correcto; c) que lo que se busca no sea físicamente imposible (es decir, incompatible con las leyes naturales); d) que se disponga de los medios necesarios para resolverlo. Las tres primeras condiciones son obvias; la última no lo es tanto, y merece un párrafo aparte.

No hay problema intrínsecamente insoluble, y ello simplemente porque no hay situación intrínsecamente problemática. Todo problema se da contra un fondo de datos y técnicas. Si se especifica que para abordar el problema de la cuadratura del círculo se ha de emplear solamente la regla y el compás, el problema será insoluble; pero si se permite el empleo de un cilindro, será soluble, ya que la rectificación de una circunferencia, tal como la de la base de un cilindro, se logra haciendo rodar a éste a lo largo de una recta.

Si se tiene en cuenta que la solubilidad de los problemas no es absoluta o intrínseca, sino relativa a los datos y a los medios

estipulados o disponibles, no podrá utilizarse en apoyo del irracionalismo el hallazgo sensacional de Kurt Goedel (1931), de que hay proposiciones (p. ej., teoremas aritméticos) que no pueden probarse ni refutarse dentro de un sistema dado y con las reglas de inferencia habituales. Este resultado, maravilla de la razón, no prueba la limitación de ésta, sino la limitación del método axiomático tal como fue preconizado por Hilbert, y consistente en la deducción formal a partir de un conjunto de axiomas y mediante las reglas de inferencia comunes, prohibiéndose el recurso a un número infinito de suposiciones y de operaciones. Goedel probó que el método axiomático no es omnipotente, como se creía antes, sino que —como los demás métodos— tiene un poder limitado. Esta conclusión no es más desastrosa para la ciencia que la demostración de la imposibilidad de cuadrar el círculo con regla y compás, o la afirmación de que es imposible construir una máquina de movimiento continuo. Y es verosímil que, como otros fracasos, estimule a buscar métodos de convalidación más poderosos que los conocidos.

Lo que vale para los problemas de encontrar y de probar, también vale, *mutatis mutandis*, para los problemas que consisten en resolver contradicciones. Para Kant, la razón pura choca contra antinomias, esto es, pares de proposiciones contradictorias entre sí, y que están igualmente bien fundadas. La primera de las antinomias kantianas es ésta<sup>4</sup>: “El mundo tiene un comienzo en el tiempo, y también está encerrado entre límites respecto del espacio” / “El mundo no tiene un comienzo ni límites en el espacio, sino que es infinito tanto en lo que respecta al tiempo como al espacio”. Una parte de esta contradicción ha sido resuelta: la suposición de que el mundo tiene un origen en el tiempo no es cosmológica, sino teológica, de modo que —a diferencia de la hipótesis de la eternidad del universo— es tan ajena a la ciencia como la teología. La segunda parte de esa antinomia de Kant, esto es, la cuestión de si el universo tiene una extensión espacial finita o infinita, no puede resolverse si no se aumentan los escasos datos empíricos relativos a la distribución de masas en el universo<sup>5</sup>: es, pues, una contradicción no resuelta aún.

<sup>4</sup> I. Kant, *Kritik der reinen Vernunft*, 2ª ed. (1787), (B), 454.

<sup>5</sup> M. Bunge, *La edad del universo* (La Paz, Laboratorio de Física Cósmica, 1955).



La contradicción puede subsistir durante un lapso: puede haber tantos argumentos en favor como en contra de una hipótesis o de una teoría. Pero la investigación no se detiene ante una contradicción, no la petrifica en una antinomia, sino que trata de encontrar nuevos datos y nuevas técnicas para resolverla. Para la ciencia no hay antinomias, sino contradicciones no resueltas, pero solubles en principio. Naturalmente, esta afirmación no puede probarse; pero sí puede tornarse plausible por el examen de la historia de la ciencia.

### 9. ¿TIENDE A DISMINUIR EL NÚMERO DE PROBLEMAS?

La historia de la ciencia nos muestra que la solución de un problema, lejos de aquietar la búsqueda, plantea nuevos problemas: interrogantes más difíciles, más profundos, más vastos. El avance de la ciencia no consiste sólo en la eliminación, el esclarecimiento y la resolución de problemas: también debe acreditarse al progreso de la ciencia el descubrimiento y la invención de problemas nuevos. Si se descubre el virus de la poliomielitis, se busca la vacuna que la previene; encontrada la vacuna Salk, se plantean los problemas de su producción en masa y de convencer a la población de la necesidad de aplicársela; y el día que la población esté convencida, se advertirá la necesidad y posibilidad de crear una vacuna más eficaz. La problemática no se encoge con el avance de la ciencia, sino que se amplía y profundiza. Por aproximaciones sucesivas nos acercamos a verdades totales; pero no por esto se acorta la distancia entre lo conocido y lo desconocido en su totalidad, como tampoco se achicaría el contenido de un recipiente infinito si se le extrajeran cantidades finitas, aunque fueran crecientes.

Los animales y aun ciertas máquinas enfrentan problemas de cierto tipo; pero sólo el hombre se plantea el problema de buscar e inventar problemas. Y sólo el hombre libre de ataduras dogmáticas es capaz de señalar y abordar problemas que pongan en peligro intereses creados en las esferas económica, social, política o ideológica. Es por esto que la ciencia y la filosofía de iglesia y de partido, que exigen el reconocimiento de ciertos misterios o el acatamiento de ciertas presuntas soluciones, no pueden ser cabalmente científicas: no hay ciencia ni filosofía vivas sin investigación, y no es investigador cabal quien —por coacción o, lo que es peor, por autolimitación voluntaria— se abstiene de formular ciertas preguntas.

Por el mismo motivo, los buscadores de problemas, los problematizadores, suelen ser considerados como perturbadores en las sociedades cerradas (y ¿cuál de las actuales no lo es?); no se los quiere, y a veces no se los quiere vivos. Sin embargo, debemos más a los que, ignorantes, buscan y preguntan —los investigadores—, que a los sabios que poseen la verdad y responden cualquier pregunta sin equivocarse, esto es, sin contradecir a la autoridad. Sabio no es, hoy, quien sabe mucho, sino quien sabe lo necesario para plantear y abordar problemas nuevos.

### BIBLIOGRAFÍA

- BUNGE, M. 1955. *La edad del universo*. La Paz, Laboratorio de Física Cósmica.
- 1959. *Metascientific Queries*. Springfield, Charles Thomas.
- CARMICHAEL, R. D. 1914. *The Theory of Numbers*. N. York, Wiley.
- FARINELLI, U., y A. GAMBA. 1955. *Nuovo Cimento*, ser. X, 1, 1152.
- KANT, I. 1787. *Kritik der reinen Vernunft*, 2ª ed. Hamburg, Meiner, 1952.
- LAZARSFELD, P., y M. ROSENBERG. 1955. *The Language of Social Research*. Glencoe, Free Press.
- NAGEL, E., y J. R. NEWMAN. 1956. "Goedel's Proof", en J. R. NEWMAN (compilador), *The World of Mathematics*. N. York, Simon and Schuster, III, 1668.
- POLYA, G. 1957. *How to Solve it*, 2ª ed. N. York, Doubleday Anchor Books.
- 1954. *Mathematics and Plausible Reasoning*. Princeton, Princeton University Press, 2 vols.
- SAWYER, W. W. 1955. *Prelude to Mathematics*. London, Penguin.

## Un siglo de darwinismo

Por HORACIO H. CAMACHO \*

ABSTRACT. — Darwinism, since the publication of the *Origin of species*, has undergone changes; but natural selection remains the main factor in evolution. Authors agree on the existence of one type of evolution (microevolution) working at the subspecies level, although some of them accept the possibility of megaevolution. Some considerations are made about progress in evolution and its final product, the human being.

LA SEGUNDA MITAD del siglo XIX presenció la aparición de *El origen de las especies por medio de la selección natural, o la conservación de las razas favorecidas en la lucha por la existencia*, de Carlos Darwin, uno de los libros más notables escritos durante ese siglo, y cuya influencia en el pensamiento científico y filosófico no se ha desvanecido aún.

En el campo de la biología, la influencia de esta obra fue tan extraordinaria, que historiar la idea darwiniana desde entonces hasta nuestros días casi significaría historiar los progresos de la Biología durante el último centenio.

Entre las consecuencias inmediatas de la teoría figuraron el rápido desarrollo de la Anatomía Comparada y de la Embriología, la proliferación de los árboles filogenéticos y la intensificación del estudio de las adaptaciones; pero quizá la más importante fue el haber llevado al establecimiento de la evolución como el principio unificador de la Biología.

Sin embargo, *El origen de las especies* no estuvo dedicado a explicar la evolución, un concepto ya antiguo en aquel momento, sino a proporcionar una explicación del mecanismo por el cual la

\* Profesor titular de Paleontología de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Buenos Aires. Geólogo de la Dirección Nacional de Geología y Minas.

misma se ha llevado a cabo. Por ello, el elemento original de la teoría darwiniana es la *selección natural*, el principal o uno de los principales mecanismos que operan en la naturaleza, y que son responsables de los cambios evolutivos.

A un siglo de distancia, se reconoce hoy casi unánimemente, que el concepto de selección natural constituyó uno de los grandes aciertos de Darwin, el cual se halló asociado a la demostración del carácter dinámico de la especie en contraposición del concepto de especie estática sostenido hasta ese momento.

Darwin fue el primero en advertir que, a pesar de la cantidad de datos aportados, quedaban aún muchas incógnitas por resolver; y en sucesivas ediciones amplió algunas de sus ideas, y trató de contestar a las principales objeciones que se le iban formulando.

Entre sus críticos, no figuraron solamente científicos, sino también filósofos y teólogos; pues, para muchos, la teoría darwiniana significaba la culminación en la separación entre Biología y Metafísica, a la cual tanto habían ya contribuido Descartes y Kant.

Las objeciones formuladas pueden ser agrupadas de la siguiente manera:

1) Objeciones halladas por el propio Darwin con anterioridad a la publicación de su obra, motivadas por la aceptación de las ideas genéticas de la época (Herencia mezclada), y que lo llevaron finalmente a asignar importancia al lamarckismo;

2) Objeciones consideradas por el mismo Darwin en los capítulos 6º y 7º de *El origen de las especies*;

3) Objeciones aparecidas entre 1859 y 1900;

4) Objeciones originadas por el redescubrimiento de las leyes de Mendel.

Las dificultades aparecidas con anterioridad al 1900, motivaron que algunos biólogos rechazaran parte de las ideas de Darwin, y propusieran otras complementarias de las mismas, mientras cierto grupo decidió prescindir totalmente de ellas, elaborando nuevas teorías en su reemplazo.

Entre las teorías complementarias figuraron:

1) Teoría de la Selección Sexual (1871);

2) Teorías del Aislamiento (1868);

3) Teoría de la Batalla de Partes (1881);

4) Teoría del Plasma Germinal (1892);

5) Teoría de la Selección Orgánica (1896).

Las teorías propuestas en reemplazo fueron:

- 1) Neolamarckismo;
- 2) Teoría Mutacional (Heterogénesis);
- 3) Ortogénesis;
- 4) Vitalismo.

*El origen de las especies* fue sólo un resumen de las observaciones de su autor, de manera que muchos datos no publicados en esa oportunidad sirvieron de tema para obras posteriores, como *La variación de los animales y plantas en domesticación* (1867) y *El origen del hombre y la selección con relación al sexo* (1871).

En *El origen del hombre*, Darwin desarrolló su teoría complementaria de la Selección Sexual, para tratar de explicar el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, los cuales no aparecían muy claros, de acuerdo con su teoría de la selección natural.

Para Darwin, "la selección sexual depende del éxito de ciertos individuos sobre otros del mismo sexo, en relación con la propagación de la especie, mientras la selección natural depende del éxito de ambos sexos en todas las edades, en relación con las condiciones generales de vida" (*El origen del hombre*, II, pág. 380).

De esta manera, la selección sexual es en realidad *selección intrasexual* (Huxley, 1938), efectuada entre miembros de un mismo sexo en su competencia por miembros de otro sexo, comprendiendo la competencia entre muchos, ya sea en forma de combate o bien en rivalidad, a los efectos de ganar el favor de las hembras.

Según Huxley, la teoría de la selección sexual establece que: 1) bajo ciertas circunstancias ocurrirá una lucha entre machos por la hembra, y que los caracteres que dan éxito en la lucha tendrían valor sexualmente selectivo, y se perpetuarían independientemente de su valor selectivo natural en la lucha general por la existencia; 2) dichos caracteres serían de dos tipos: los que sirven para la ostentación masculina, y los que sirven para el combate entre machos rivales; 3) tales caracteres no se desarrollarían, excepto bajo la acción de la selección sexual.

Con respecto a los caracteres de ostentación, Darwin dedujo además un sentido estético rudimentario en la hembra, y también un proceso de elección de la misma por parte de los machos rivales.

Darwin estuvo correcto en dos partes fundamentales de su teoría, al creer que: 1) donde ocurre combate entre machos rivales, la lucha entre ellos por la reproducción tenderá, a menudo, al



desarrollo de armas especiales confinadas al sexo masculino; 2) los colores brillantes y las estructuras especiales de los machos frecuentemente han evolucionado a través de sus efectos sobre los órganos de los sentidos y las emociones de las hembras, aunque no percibió la igual importancia de la acción de la amenaza sobre los órganos de los sentidos y las emociones de los rivales del mismo sexo al causar la evolución de tales caracteres; 3) la selección sexual posee considerable poder en nuestra especie.

A la inversa de lo que creyera Darwin, en la naturaleza la competencia entre machos no es un fenómeno común, sino que, aparentemente, está confinada a unas pocas especies polígamas o con numerosos machos.

En las aves monógamas, la principal función de la ostentación sería el estímulo para la maduración final de los ovarios y la predisposición a la unión sexual. Se conocen muchos casos de ostentación mutua, y otros en que ella ocurre después y no antes del período de unión de los sexos.

Un número de caracteres que Darwin consideró conectados con la ostentación, resultaron estar relacionados con la rivalidad o amenaza entre aves del mismo sexo. El canto de los machos sirve principalmente como una amenaza a distancia hacia otros machos rivales que pretendieran invadir el territorio, y sólo secundariamente como una advertencia a las hembras sin compañero de que él está sin compañera. De esta manera, dichos caracteres sirven, más bien, para evitar la pelea.

Otros caracteres citados por Darwin son de ventaja para la especie como un todo, y por lo tanto, son favorecidos por la selección natural

Según Huxley (1938), el término *selección sexual* debe ser reemplazado por el de *selección epigámica* y el de *selección intra-sexual*. El último se aplicaría a la selección que comprende la competencia entre individuos de un mismo sexo en la lucha por la reproducción, mientras el primero incluiría la selección comprendiendo los caracteres de ostentación comunes a ambos sexos.

Una de las objeciones más importantes que se formularon contra la teoría darwiniana, fue de que las variaciones favorables que aparecieran en una población serían, paulatinamente, eliminadas por cruzamiento.

Esta crítica, que tuvo su origen en el concepto de "herencia mezclada" imperante en la época, dio motivo a que Montz Wag-

ner expusiera su Teoría del Aislamiento Geográfico (1868), como un medio de explicar la preservación de dichas variaciones. Para Wagner, aparte la acción humana, la única forma de aislamiento es la proporcionada por las barreras geográficas; pero Romanes consideró que, en la formación de las especies, más importante aún es la *Selección Fisiológica*, es decir, el aislamiento motivado por algún cambio fisiológico originado en el sistema reproductor.

La confirmación de la asociación entre variación, aislamiento y especiación no se produjo sino en 1872, con los trabajos de Gulick sobre los moluscos terrestres de las islas Sándwich; y ya a partir de 1900, la selección natural, la herencia y el aislamiento constituyeron los fundamentos de la teoría de la evolución.

Actualmente se reconocen tres tipos principales de aislamiento: geográfico, ecológico y fisiológico (incluyendo al genético); aunque no existe acuerdo unánime en cuanto a la importancia relativa de los mismos en la especiación. Mayr, por ejemplo, es partidario de la *Especiación Geográfica* o *Alopátrica*, aunque no deja de reconocer que "no hay especiación geográfica que no sea al mismo tiempo especiación ecológica y genética" (Mayr, 1942).

Para Thorpe, en cambio, las diferencias locales de hábito pueden ser el punto de partida para la evolución de nuevas especies (*Especiación Simpátrica*). Según este punto de vista, el primer paso en la especiación sería el establecimiento de nuevas poblaciones en nichos ecológicos diferentes dentro del área normal de cruzamiento de los individuos de la población progenitora. Posteriormente, se produciría el aislamiento reproductivo de los fundadores de la nueva población con respecto a los individuos de la población progenitora. Por lo tanto, el flujo de genes entre las dos poblaciones es aquí inhibido por factores internos más bien que externos, mientras la preadaptación desempeñaría un papel importante.

Darwin prestó particular atención a las críticas de Mivart, una de las cuales establecía que la selección natural no puede explicar las etapas incipientes de las estructuras útiles, sobre las cuales aquélla no alcanzaría a ser efectiva.

Esta crítica mereció dos tipos de respuestas. Una de ellas fue mediante la teoría de la *Selección Orgánica*, o *Coincidente* o *Estabilizadora*, propuesta casi simultáneamente por Lloyd Morgan, Mark Baldwin y H. F. Osborn, en 1896, y conocida también con los nombres de *Asimilación Genética* y *Efecto Baldwin*. Esta teoría fue propuesta después de las críticas de Weissmann al Neolamarckismo,

y se la empleó para explicar que los caracteres adquiridos eran heredados debido a su coincidencia en el mismo individuo con una variación adaptativa innata. En consecuencia, esta teoría representa un compromiso entre el Darwinismo y el Lamarckismo.

Según Simpson (1953), la selección orgánica consiste en lo siguiente:

1) Los organismos individuales interactúan con el ambiente de tal manera que se producen modificaciones de comportamiento, fisiológicas o estructurales, que no son hereditarias como tales, pero que resultan ventajosas para la supervivencia, o sea, son adaptativas para el individuo que las posee;

2) En las poblaciones existen factores genéticos que producen caracteres hereditarios similares a las modificaciones aludidas en 1);

3) Los factores genéticos de 2) son favorecidos en la selección natural, y tienden a diseminarse en la población a través de las sucesivas generaciones. El resultado final es que la adaptación individual original, y no la hereditaria, se hace hereditaria.

Es discutible la extensión en que este efecto puede estar comprendido en la evolución; pero es probable que por lo menos en ciertos casos haya tenido su importancia, y los trabajos de Waddington (1953) así parecerían indicarlo.

Para Baldwin y Morgan, la selección orgánica proporcionaría un camino por el cual, sin transmisión de caracteres adquiridos, los hábitos y otros caracteres adquiridos podrían transformarse en instintos. Simpson cita el caso del canto de los pájaros, ya discutido por Morgan y otros. El canto característico de algunas especies de aves es aprendido por imitación; pero en otras es innato, existiendo algunos casos en que la situación es intermedia. Es posible, pues, que por lo menos en algunos casos el canto se haya hecho innato por asimilación genética.

La segunda respuesta a la crítica de Mivart vino de parte de los biólogos matemáticos, y principalmente de los trabajos de Fisher, para quienes la selección sería efectiva aun en esos niveles incipientes, aun cuando en la práctica no existen medios para detectar valores tan pequeños de la presión de selección.

En la época en que Darwin escribió su libro, los conocimientos sobre herencia eran muy escasos e inexactos. No obstante, la teoría celular había sido ya formulada en 1838 por Schleiden y Schwann; pero no fue sino en 1885 cuando Weissmann, Hertwig y von Kölliker llegaron a la conclusión de que el núcleo es el portador de la

sustancia hereditaria, con lo cual quedó abierto el camino para que, en 1892, Weissmann propusiera su teoría del *Plasma Germinal*, como una reacción contra el Lamarckismo.

La distinción entre células germinales y células somáticas fue la mayor contribución de Weissmann a la Biología, y su escuela, precursora de la Citología moderna, fue denominada *Neodarwinista* por Romanes en 1895.

A fines del siglo pasado, la teoría Darwiniana había llegado a una situación crítica, pues al lado de los que opinaban, con Darwin, que las pequeñas variaciones eran las únicas importantes en la evolución, fue surgiendo un núcleo de biólogos para quienes las grandes variaciones tendrían tanta o mayor importancia que las pequeñas.

Para estos últimos investigadores era difícil comprender las ventajas que las pequeñas diferencias específicas podían tener en la supervivencia de las especies, y por eso asignaron gran valor a los estudios de Bateson y de De Vries.

Bateson, en 1894, en *Materiales para el estudio de la variación*, opinó que las grandes variaciones discontinuas podían tener gran importancia en la evolución; y De Vries, en 1901, publicó los resultados de sus experiencias con *Oenothera lamarckiana*, emitiendo su *Teoría de las Mutaciones*, según la cual, esas variaciones discontinuas, o *mutaciones* se originan espontáneamente por medio de cambios en el plasma germinal, con lo cual el Lamarckismo quedaba definitivamente superado.

Mientras tanto, la teoría darwiniana también recibió algunos aportes favorables, como fueron los estudios biométricos de Galton y Pearson, y las observaciones paleontológicas sobre la serie de *Microaster* de Inglaterra, publicadas por Rowe en 1899, en la cual se muestra que los cambios a través del tiempo geológico han sido graduales, imperceptibles, en una misma dirección, y simultáneamente en varios caracteres.

La conclusión mendeliana sobre la segregación de los factores durante la herencia, así como los estudios de Johanssen (1903), en el sentido de que la selección artificial es ineficaz en una línea pura de organismos homocigotas, fueron otros duros escollos para la teoría de Darwin, al punto que a fines del primer cuarto de este siglo ciertos investigadores de prestigio pregonaron que el Darwinismo había muerto.

La reconciliación de estas tendencias, aparentemente opuestas, se produjo años más tarde, gracias a los trabajos de la Genética,

especialmente de los relacionados con los efectos de los genes sobre el fenotipo.

La primera idea de que cada carácter estaba controlado por un gene, o a lo sumo por unos pocos de ellos, fue descartada definitivamente con la comprobación de la existencia de los efectos múltiples de los genes y de los genes pleiotrópicos. Cada carácter es la consecuencia del efecto combinado de numerosísimos genes; pero, además, cada gene actúa simultáneamente sobre diversos caracteres. Existirían, por otra parte, genes modificadores, es decir, genes cuyos efectos están sólo dedicados a modificar los efectos de los otros genes.

De esta manera, los cambios bruscos y discontinuos producidos en los genes, se ven expresados fenotípicamente, por intervención de estos genes modificadores, a través de una variación continua.

A partir de este momento, el Darwinismo resurgió, aunque rejuvenecido; pues, si para Darwin las causas de la evolución eran: 1) Selección natural; 2) Efecto heredado del uso y desuso; 3) Efectos heredados de la acción del ambiente sobre el organismo; 4) Variaciones que, en la ignorancia de su época, parecían originarse espontáneamente; ahora, para el neodarwinismo, dichas causas serían: 1) Variación; 2) Herencia; 3) Selección natural.

Pero durante estos últimos años se ha visto que la evolución es un proceso que tiene relación con toda la vida del organismo, incluso con su medio ambiente, y que no podrá ser comprendido si no se toma en cuenta la totalidad de los factores que intervienen en el mismo. De ahí que para Huxley (1954), el estudio sintético de los diferentes aspectos de la evolución es el carácter sobresaliente del período actual.

La posición mencionada es sostenida por la *Escuela Sintética* o *Pos-Neodarwiniana*, la cual reconoce como causas de la evolución: 1) Mutación; 2) Variación en el tamaño de la población; 3) Aislamiento; 4) Selección natural.

Por supuesto, éstos son los factores principales, pero no todos; y aunque se los suele estudiar por separado, no debe olvidarse que la evolución es la consecuencia de la acción conjunta de todos ellos.

Desde la época de Darwin, el conocimiento de la naturaleza de las variaciones ha sido uno de los principales temas de las investigaciones realizadas. No sólo se distinguieron variaciones no heredables (modificaciones) de las heredables (variaciones), sino que, de acuerdo con Simpson (1944), se deben reconocer dos niveles: uno inferior, de variación entre individuos dentro de una población



interfecunda, la cual es el efecto directo de la mutación y recombinación génica, pero que en sí misma es de poca importancia en la evolución; y otro superior, el más importante, que comprende las variaciones de las poblaciones en el espacio y el tiempo. En esta variabilidad no intervienen solamente las mutaciones. Se conocen sólo dos factores que pueden producir diferencias entre poblaciones con respecto a la frecuencia de genes: la fijación al azar de las variaciones fortuitas, y la acción directa de la selección natural. Estas fuerzas obedecen a las reglas de la fisiología de las poblaciones, y no a la de los individuos.

Para los modernos lamarckianos, el organismo se esfuerza por adaptarse a su ambiente, y los resultados de estos esfuerzos son transmitidos a las generaciones siguientes, hasta que algún cambio aparece. Durante sus experiencias, ellos exponen al animal a la acción de un estímulo, y seleccionan aquellos individuos que muestran alguna modificación fenotípica, para usarlos como punto de partida de las nuevas experiencias.

Las experiencias neolamarckianas nunca han sido muy concluyentes, y hasta, en muchos casos, sus resultados han admitido una interpretación darwiniana.

En cambio, existen evidencias históricas y experimentales en favor de la selección natural. Ejemplos de cambios históricos en la composición de las poblaciones por acción de la selección natural son bien conocidos entre los animales, y algo menos entre las plantas superiores, habiendo sido ya discutidos por Dobzhansky (1941) y Stebbins (1950).

Es indudable que en muchos casos no es fácil hallar pruebas concretas en favor de la selección natural, pues muchos fenómenos son muy complejos, y otros, poco conocidos.

La acción de la selección natural fue puesta en duda en los casos de mimetismo; pero los conocimientos más recientes muestran que las semejanzas miméticas son superficiales, y debidas, probablemente, a la selección natural.

Otra aparente contradicción es la que se suele mencionar entre la selección natural y la naturaleza poco benéfica y hasta perjudicial de las mutaciones de laboratorio.

La explicación de este hecho se hallaría en que los caracteres "normales" que observamos actualmente en las especies, son el resultado de las mutaciones favorables acumuladas a través del tiempo, e incorporadas por medio de la selección natural. Los organis-

mos están así muy adaptados a sus ambientes, y, por consiguiente, la mayoría de las mutaciones que suelen aparecer, son poco benéficas para los mismos. Además, las mutaciones que son desventajosas bajo ciertas condiciones, pueden ser ventajosas en otras; y la mayoría de las mutaciones poseen más de un efecto sobre el organismo, uno de los cuales, frecuentemente, es un cambio en su capacidad para vivir, lo cual muchas veces es más importante para el organismo que los efectos observados por los investigadores en sus experiencias.

Finalmente, se suele afirmar que la selección natural actúa demasiado lentamente como para poder ser detectada en el laboratorio; pero las experiencias han demostrado que, cuando en una población se pone en competencia a individuos homocigotas y heterocigotas, la selección natural favorece casi siempre a estos últimos, y los cambios son producidos con notable rapidez, en algunos casos en sólo dos meses.

Por lo tanto, mutación y selección natural no son procesos que se excluyen mutuamente, sino que se complementan, y ambos son creadores. El papel principal de las mutaciones es el de producir heterogeneidad y romper el equilibrio genético de las poblaciones, mientras la selección, al restaurar ese equilibrio eliminando las combinaciones desfavorables, realiza una labor creadora comparable a la del artista que crea una estatua a partir de un bloque informe, mediante la eliminación de trozos del mismo.

Para la gran mayoría de los evolucionistas modernos, la evolución ocurre al nivel de la subespecie y del demo, por medio de pasos diminutos, y las categorías superiores serían la consecuencia de la acumulación progresiva de las variaciones seleccionadas. El interés de los investigadores se ha centrado, pues, principalmente, en el estudio de la especie y categorías infraespecíficas (un problema que no se tratará aquí, pero que será uno de los más apasionantes durante este nuevo siglo darwinista que se inicia).

Para Goldschmidt y otros, existe, en cambio, además de esta *microevolución* operante al nivel de la subespecie, una *macroevolución*, que comprendería el origen de las categorías superiores, en las cuales las mutaciones génicas serían reemplazadas por las mutaciones sistémicas.

Las mutaciones sistémicas explicarían ciertas discontinuidades paleontológicas y el origen brusco de determinados grupos de organismos; pero la existencia de este tipo de mutaciones en la natu-

raleza no ha podido ser demostrada, y existen pocas posibilidades de que ellas puedan ocurrir.

En la actualidad poseemos evidencias concretas de que la naturaleza habría utilizado procedimientos diversos para obtener diversificación. La magnitud de los cambios habrían dependido de los procedimientos seguidos, y, en ciertos casos, podría haber dado lugar al origen brusco de ciertas categorías taxonómicas superiores.

La poliploidía es uno de los principales métodos de formación de nuevas especies entre las plantas superiores, y muchos géneros y familias de plantas con semillas serían de origen poliploide.

Entre los animales, la poliploidía se halla poco desarrollada, y la importancia de este procedimiento en el problema general de la evolución deberá ser investigado todavía con mayor intensidad.

El papel de la hibridación en la evolución es también muy discutido. Ella podría ser muy importante en el caso de cruzamiento entre individuos genéricamente diferentes.

Ciertos híbridos pueden volver a cruzarse con sus progenitores, haciendo posible de esta manera el pasaje de genes de una especie a otra. Este proceso ha sido denominado *retrocruza* ("back-crossing"), y en 1938, Anderson y Hubricht propusieron designar *Hibridación introgresiva* al pasaje de genes de una especie a otra como consecuencia de la retrocruza.

Es probable que la hibridación introgresiva haya tenido gran importancia en los procesos evolutivos durante el pasado, asociada con hibridaciones de los habitats y explosiones evolutivas.

"Una de las facetas más espectaculares de los nuevos estudios de la evolución ha sido la demostración de que la evolución no ha procedido por continuos pasos lentos, sino que han existido explosiones de actividad creadora" (Anderson y Stebbins, 1954). Durante estas explosiones la evolución se realizó con notable rapidez, y los grupos de organismos sufrieron una extraordinaria diversificación taxonómica.

Ejemplos de estas explosiones evolutivas son bien conocidos, tanto en paleozoología como en paleobotánica, y la explicación de las mismas podría residir en las relaciones existentes entre el organismo y su habitat.

La invasión de un nuevo habitat trae generalmente dificultades para la población invasora, debido a la competencia que debe enfrentar. En el caso de la invasión de un habitat nuevo, esta competencia se reduce a un mínimo, y hasta puede ser prácticamente

nula. La existencia de numerosos nichos en condiciones de ser habitados favorecerá la difusión de la variabilidad, y, por lo tanto, la proliferación de especies, géneros y hasta familias. En ciertos casos, la ocupación de nichos por poblaciones poco numerosas puede dar lugar al establecimiento por azar, de caracteres que no se podrían perpetuar en poblaciones más numerosas y en presencia de la selección natural.

Situaciones favorables para la diversificación de la vida marina y la existencia de explosiones evolutivas pudieron haberse producido durante las grandes trasgresiones oceánicas, mientras durante las regresiones, la reducción en la disponibilidad de los nichos ecológicos y el aumento de la competencia, habrían originado la extinción de numerosos grupos de organismos.

Para algunos investigadores, en el origen de las explosiones evolutivas pueden haber intervenido otros factores, tal como la hibridación entre poblaciones con diferentes sistemas genéticos de adaptación. Si el aislamiento no es muy neto, de manera que a partir de la F2 se puedan producir individuos fértiles, se originarán sistemas adaptados a nuevos nichos ecológicos, con relativa rapidez. Pero si el aislamiento es neto, y por lo tanto los híbridos son estériles, pueden suceder dos cosas: 1) los híbridos pueden llegar a ser fértiles y estabilizarse por aloploidía, adaptándose así a los habitats intermedios; 2) se puede producir hibridación introgresiva, y cada uno de los elementos introgresivos heterocigotas obtenidos puede dar lugar, por "crossing over", a una creciente variación de generación en generación, a través de toda una era geológica (Anderson, 1939; Anderson y Stebbins, 1954).

En un ambiente lleno de nuevos nichos ecológicos y en el cual no existen barreras fisiológicas ni biológicas, puede haber grandes posibilidades de hibridación y producción de recombinaciones, con grandes ventajas selectivas.

Las trasgresiones, regresiones, los episodios orogénicos y las glaciaciones, han sido factores perturbadores de los habitats o hibridizadores de habitats, según la expresión de Anderson (1948), que pueden haber originado importantes diferenciaciones en las poblaciones, favoreciendo, además, la formación y difusión de los híbridos y aloploidos.

Pero las explosiones evolutivas habrían estado asociadas con el origen de especies, géneros y familias. En el origen de las cate-

gorías superiores: órdenes, clases y phyla, pudo haber intervenido, además, otro procedimiento, tal como la asociación de pedomorfosis y neotenia.

El término *pedomorfosis* fue creado por Garstang en 1922; pero el concepto es más antiguo, y fue ya formulado por F. Müller, en 1864. Se refiere a la divergencia filogenética producida a partir de algún estado relativamente inicial dentro de un ciclo ontogénico y que ha conducido a resultados finales diferentes. Esta divergencia filogenética puede tener su punto de partida en ciertas novedades fenotípicas aparecidas en las etapas primeras del desarrollo del organismo ancestral (Cloud).

Garstang, en su trabajo sobre la morfología de los Tunicados y su relación con la morfología de los Cordados (1928), relacionó la pedomorfosis con la *neotenia*, o aceleración del desarrollo de los órganos reproductores con respecto al resto del cuerpo, de manera que el animal adulto resulta sexualmente maduro en su estado larval.

El mecanismo de la neotenia se explicaría por la influencia que poseen los genes sobre las velocidades relativas de los diferentes procesos del desarrollo, acelerando o retardando la aparición de algunos caracteres o partes del cuerpo en relación a otros, lo cual muestra que no es el adulto el que determina el curso del desarrollo de los miembros posteriores de la raza, como dice la teoría de la recapitulación, sino que son las novedades larvales las que dan origen a las nuevas líneas evolutivas mayores.

El ejemplo típico es *Amblystoma tigrinum*, una salamandra de América del Norte con respiración pulmonar y hábitos terrestres, pero que en México madura sexualmente y se reproduce al estado larval, constituyendo el *Axolotl*, con respiración branquial y hábitos acuáticos. Por medios naturales o experimentales, el *Axolotl* puede ser convertido en el *Amblystoma*.

Lo importante de la asociación de pedomorfosis con neotenia es la persistencia de las primeras etapas ontogénicas del grupo ancestral en las poblaciones adultas de las nuevas líneas filogenéticas.

Entre los Trilobites, los proparia adultos serían opistoparianos adultos, ya que los opistoparia durante su desarrollo pasan previamente por la condición proparia, mientras que los proparia alcanzan esta situación directamente y la mantienen durante toda su vida.



La bibliografía reúne otros posibles ejemplos, como en el caso del origen de los Hexacorales a partir de los Tetracorales; de los Cordados a partir de algún Cistoideo; etcétera.

Si bien estos ejemplos requieren una mejor confirmación, no se puede descartar la posibilidad de que algunas categorías superiores hayan tenido un origen semejante.

Una de las consecuencias importantes de estos estudios ha sido el destacar la importancia que tienen los primeros estados de desarrollo en la evolución.

Para Garstang y De Beer, las modificaciones de las estructuras larvales o juveniles (pedomorfosis) y no de las adultas (gerontomorfosis) son las que tendrían real importancia en la evolución de las categorías superiores, y el desarrollo embrionario no repite los estados ancestrales adultos, sino sólo algunas situaciones embrionarias ancestrales.

Esta moderna teoría de la recapitulación se opone, por lo tanto, a la antigua teoría de la recapitulación de Haeckel, y marca un retorno a las leyes de Von Baer, para quien "los estados embrionarios en el desarrollo de un animal no son semejantes a los estados adultos de otros animales situados inferiormente en la escala, sino que son semejantes a los estados embrionarios de aquellos animales", y "durante su desarrollo, un animal se aparta más y más de la forma de los otros animales" (traducido de Moody).

Posteriormente, Ernesto Haeckel emitió su teoría de que los embriones de los animales superiores repiten, en su desarrollo, los estados adultos de sus antecesores; y, desde entonces, los biólogos creyeron que, estudiando el desarrollo embrionario de una especie dada, se podría trazar toda su historia evolutiva, lo cual generalmente no es cierto, aunque en algún caso los embriones nos pueden dar indicación de la naturaleza de la estructura adulta de sus antecesores.

Los estudios modernos de la evolución han mostrado dos hechos sobresalientes. El primero, es la relación que guarda el complejo proceso evolutivo con la genética de las poblaciones (tamaño y estructura de las poblaciones, tipos de reproducción, proporción de los sexos, "pool" génico, equilibrio genético, etcétera).

El segundo hecho destacable es el reconocimiento de que la evolución no es sinónimo de especiación. En efecto, no basta que se originen nuevas especies para que se produzca evolución, sino que es preciso que otros factores actúen sobre las poblaciones, diri-

giendo el curso de las mismas a través del tiempo. Uno de los factores es, indudablemente, la selección natural, la que, según Simpson (1953, pág. 138), puede ser definida como "cualquier cosa que tienda a producir cambio sistemático heredable en las poblaciones, entre una generación y la próxima".

En cierto modo, la selección natural es un tipo de reproducción diferencial, y como tal, contrasta con el concepto de mortalidad diferencial postulado por la selección darwiniana.

El trabajo de la selección se ve expresado en la población por medio de la reproducción más exitosa de los elementos dotados de características más adaptativas, con relación a los que poseen características menos adaptativas. A través de las sucesivas generaciones, el predominio de los primeros se va haciendo cada vez mayor, mientras los segundos tienden a desaparecer.

Los datos paleontológicos muestran que al lado de la variabilidad a corto plazo existe otro tipo de variabilidad que se produce a través de millones de años. Este último tipo de evolución está relacionado más bien con la explotación de un modo particular de vida, y se denomina *especialización*. Ejemplos notables se encuentran en los reptiles y mamíferos.

Mediante la especialización, los organismos adquieren una mayor eficiencia en algún aspecto particular de su vida, como podría serlo una especialización en la función del vuelo. Esta tendencia, que puede perdurar durante millones de años, suele ser acentuada por la propia selección natural, hasta que en un momento dado la especialización alcanza su valor máximo. En esta última circunstancia, el organismo puede permanecer indefinidamente produciendo, a lo sumo, una pequeña variabilidad específica; o bien puede extinguirse como consecuencia, generalmente, de una modificación rápida en su habitat.

Entre las causas de la extinción de los dinosaurios, la superespecialización puede haber sido una de ellas. En cambio, las aves no han experimentado modificaciones evolutivas de importancia durante los últimos 25.000.000 de años, y su mecanismo volador no ha sido mejorado a través de los últimos 15.000.000 de años.

Se puede afirmar que este tipo de evolución con tendencia a la especialización en una forma determinada de vida, ha sido común en el pasado geológico; mientras que muy excepcional ha resultado la evolución acompañada de un mejoramiento en las con-

diciones totales de la vida, y que se conoce con el nombre de *progreso evolutivo*.

El progreso evolutivo ha visto jalonado su camino con la aparición de una serie de *tipos dominantes*, o sea con el reemplazo de un tipo de organización por otro más eficiente, perteneciente a un nivel superior de organización biológica. Esta eficiencia se ha visto expresada en la relación organismo-ambiente, por medio de una mayor independencia del primero con respecto al segundo.

Después de la aparición de la vida sobre la superficie terrestre, el primer gran paso en el progreso evolutivo estuvo representado por el surgimiento de los organismos multicelulares, cuya organización les permitió superar el gran obstáculo que se oponía al progreso de los unicelulares: la limitación en el tamaño. Siguiéronlo luego otros, tales como la diferenciación de las capas endo, meso y ectodérmicas; aparición de la simetría bilateral; desarrollo del sistema nervioso; diferenciación de una región cefálica, para la concentración de los principales órganos de los sentidos; formación de la cavidad celómica, y reemplazo de la notocorda por la columna vertebral, con lo cual los vertebrados hicieron su aparición en el gran escenario de la vida.

La evolución de los vertebrados se inicia, según los documentos paleontológicos, en el Silúrico, con los *Agnatha*, en los que no se hallaban diferenciados aún los miembros pares, y las branquias, aparte su función respiratoria, colaboraban en la alimentación.

La transformación del primer arco branquial en mandíbula ocurrió en el Silúrico superior; y, a partir de ese momento, los peces fueron el grupo dominante, particularmente durante el Devónico, aunque muchos de ellos se extinguieron al final de dicho período, debido, seguramente, a cambios en las condiciones ambientales.

En efecto, durante el Devónico superior y Carbónico, las áreas continentales fueron alcanzando considerable distribución, apareciendo ambientes propicios para la existencia de los anfibios, que, originados de los crossopterigios, iniciaron la invasión terrestre, y llegaron a constituir los elementos característicos de las faunas vertebradas del final del Paleozoico.

A pesar de la mayor eficiencia que los anfibios mostraron en su organización biológica, nunca pudieron independizarse totalmente de la existencia acuática de sus antecesores, ya que en el aspecto reproductivo las mejoras experimentadas no fueron suficientes para

proporcionar al embrión la protección necesaria contra el desecamiento y otros peligros que lo acecharían en tierra.

La aparición del huevo amniota, durante el Carbónico, hizo al fin posible, entre los vertebrados, la completa independencia del ambiente acuático y una mayor invasión del terrestre. De esta manera, a partir del Pérmico, los anfibios comenzaron a perder su dominio faunístico, y el Mesozoico pasó a constituir la Era de los Reptiles, aun cuando el Jurásico presencié ya la aparición de los primeros mamíferos, pequeños y de poca influencia en la vida de aquellos tiempos.

Los mamíferos representan, desde el punto de vista evolutivo, un avance muy importante con relación a los reptiles, lo que explica su gran difusión y dominancia a partir del Paleoceno.

Juntamente con las aves, los mamíferos fueron los primeros tetrápodos en los cuales la evolución de los flúidos internos y el mejoramiento de los sistemas vasculares permitió a las células disponer de un ambiente interno constante, y mejor adaptado a las necesidades particulares de cada organismo.

El carácter poiquilotérmico de los reptiles restringió su distribución sobre la superficie terrestre; pero los mamíferos, al superar esta dificultad, se hallaron en condiciones de ocupar todos los habitats terrestres disponibles, soportar cambios climáticos y de relieve, y así, la Edad de los Reptiles dio paso a la Edad de los Mamíferos.

Entre los mamíferos existieron diversas orientaciones evolutivas, una de las cuales fue el agrandamiento de la corteza cerebral, que permitió una mayor concentración y control de toda la información y respuestas cerebrales. Esta orientación estuvo asociada con el agrandamiento y redondeamiento de la cavidad craneana, desarrollo de la visión estereoscópica y adquisición de la posición erecta, caracteres que alcanzaron su máxima expresión con la emergencia del ser humano.

El agrandamiento de las áreas asociativas hizo posible el desarrollo de las facultades mentales del ser humano, el único ser verdaderamente inteligente de la escala animal, si bien ciertos antropoides, como el chimpancé, son capaces de efectuar actos similares a los humanos. Sin embargo, el comportamiento de estos seres se halla muy limitado, debido a que su evolución cerebral no alcanzó el perfeccionamiento humano, y, seguramente, no lo alcanzará, por cuanto pertenecen a líneas evolutivas diferentes.

El ser humano es el único capaz de generalizaciones y abstracciones, de imaginar situaciones pasadas y futuras, de poseer conflictos mentales o emocionales, de poseer un lenguaje que le permita intercambiar ideas y transmitir a sus semejantes las experiencias acumuladas, y, fundamentalmente, es el único ser capaz de decidir libremente de sus actos.

Gracias a esas facultades propias del ser humano, como son las de poder elaborar conceptos, acumular conocimientos y experiencia, y disponer de la palabra como un medio de intervenir en la vida de sus semejantes, ha comenzado en el hombre otra etapa del proceso evolutivo universal: la evolución de la cultura, la cual guarda ciertas analogías con la evolución orgánica.

En la evolución orgánica, la continuidad es mantenida a través del plasma germinal, mientras en la evolución cultural, la continuidad es mantenida por medio de la transmisión de los conocimientos y experiencias adquiridos.

Esta facultad de poder acumular y transmitir los conocimientos y experiencias a través de las generaciones, es una característica exclusiva de las sociedades humanas, que las diferencia de las demás sociedades animales.

Cuando se comparan sociedades animales, generalmente no se tiene en cuenta que, en la naturaleza, estas sociedades no presentan un nivel uniforme de integración, es decir, las funciones que realizan sus individuos son una función del lento proceso evolutivo que han seguido los organismos, y los individuos deben efectuarlas sin mediar elección por parte de ellos en ningún momento.

En este aspecto, las sociedades de insectos son las que muestran una mayor integración. Las funciones sociales son aquí realizadas por castas cuyo comportamiento no es aprendido ni puede ser modificado apreciablemente, y, menos aún, la experiencia acumulada por un individuo puede ser transmitida a sus descendientes.

El comportamiento de las distintas castas de insectos está ya determinado en el huevo o en las primeras etapas del desarrollo, y es la consecuencia de la interacción de complejos factores genéticos.

En las sociedades de insectos, los comportamientos de los individuos se complementan de tal manera, que la sociedad se comporta como un todo, y los individuos difícilmente pueden vivir aislados del grupo social al que pertenecen.



En las sociedades humanas, la herencia y el desarrollo influyen muy poco en la determinación de las funciones sociales. Estas funciones son principalmente elegidas, aprendidas y modificadas por sus realizadores, existiendo, por ello, una variedad extraordinaria de funciones, que contrasta con el limitado número presente en las sociedades animales.

En la sociedad humana, el individuo no sólo puede modificar su papel, sino que hasta puede cambiarlo por otro, y, además, es capaz de vivir aislado de su grupo social.

La evolución de las sociedades de insectos ha llevado a la subordinación del individuo al todo, lo cual ha sido interpretado por algunos como un ejemplo de "altruismo". Pero ya se ha dicho que el comportamiento de los insectos está decidido en el huevo, y su realización se debe interpretar como una respuesta instintiva a una situación ambiental dada. Los individuos carecen de libertad para decidir entre situaciones alternantes, y, por lo tanto, ellos están desprovistos de virtudes o vicios.

La evolución de las sociedades humanas ha llevado, en cambio, al desarrollo del individualismo y de la personalidad. El individuo no está subordinado al todo, por cuanto su inteligencia lo ha dotado de la facultad de disponer libremente de sus actos,

La razón de estas diferencias entre seres humanos e insectos es que ambos pertenecen a ramas del árbol filogenético, que se han separado en una época muy temprana de la historia de la vida, y, desde entonces, han seguido caminos evolutivos muy diferentes.

En la evolución cultural, la lucha por la existencia, que forma la base de la selección natural, es reemplazada por la lucha entre ideas y valores, resultando una selección consciente o psicológica (Huxley).

Para algunos, en la naturaleza el progreso es debido a la lucha por la existencia, la cual sería una lucha en el verdadero sentido de la palabra, siendo el vencedor el individuo más fuerte o poderoso. Para otros, como Kropotkin, la fuerza evolutiva mayor entre los seres vivientes ha sido la ayuda mutua, idea que, modernizada, ha resultado compatible, más bien que contradictoria, con la teoría moderna de la selección natural.

La teoría gladiatorial sostiene que es éticamente bueno todo aquello que favorece la supervivencia y el bienestar del individuo, y su aplicación a la especie humana ha dado lugar a la tendencia denominada Darwinismo social.

Hoy se sabe que la lucha entre individuos de una misma especie no es tan general como se creía antes, ni tampoco puede ocasionar progreso evolutivo. La aptitud individual no debe medirse a través del vigor, sino de la posibilidad de dejar descendencia. Muchos híbridos poseen mayor vigor o fortaleza que sus progenitores; pero no dejan descendencia, y por eso carecen de valor evolutivo. El macho vencedor no siempre es el mejor dotado genéticamente; y un genotipo superior a otro en un ambiente, puede ser inferior en otro diferente.

La selección natural no es ni egoísta ni altruista, sino oportunista, pues favorece aquellos genotipos que están de acuerdo con un momento, un habitat y un genotipo dados.

Los trabajos de Darwin colocaron definitivamente al ser humano en la escala animal. Los trabajos posteriores no han hecho más que confirmar esta posición; pero es bien evidente que la evolución ha producido con el hombre un animal muy original y dotado de facultades tan extraordinarias, que hasta justificarían, según Huxley, considerarlo como un nuevo Phylum o un nuevo Reino.

La evolución humana también ha tenido sus características propias. Ha sido una evolución rápida, pero que, a diferencia de otros grupos, no experimentó un proceso explosivo o de diversificación. Por el contrario, el ser humano ha conservado con gran tenacidad su unidad biológica, y a lo sumo ha experimentado una diferenciación en razas, como consecuencia de las diversas condiciones ambientales existentes en los territorios que iba ocupando. Esta divergencia primitiva se está convirtiendo actualmente en convergencia, gracias a los intercambios culturales, que están eliminando las barreras, principalmente psicológicas, que se han opuesto al libre intercambio de los genes; y se puede prever, pues, que en un futuro no muy lejano la especie humana habrá alcanzado una gran uniformidad.

El hombre es, sin duda, el animal dominante en la actualidad, dominio que difícilmente perderá. Su independencia del medio exterior es tan completa como ningún otro mamífero ha podido lograrla, hasta el punto que puede modificar aquél de acuerdo con sus gustos y necesidades. El hombre puede, además, mediante el empleo de su inteligencia, modificar su propia evolución.

La evolución de los organismos siempre ha estado relacionada con el medio ambiente (físico y biológico), del cual, en gran parte, ha dependido. Pero esto ya no rige para la especie humana, cuya fu-

tura evolución (biológica y cultural) estará relacionada principalmente con un nuevo medio: el del espíritu. El mundo espiritual es, en realidad, como un nuevo mundo, al cual el hombre tendrá que explorar y estudiar, para tratar de descubrir en él todas las posibilidades de su futura evolución.

Para el futuro evolutivo de la especie humana es muy importante que el hombre sea un organismo capaz de decidir libremente entre ideas y acciones, y esta libertad es, quizá, el más importante de todos los atributos específicamente humanos.

Toda elección o decisión involucra una responsabilidad; y siendo el hombre el único ser responsable y libre, él es también el único capaz de poseer una ética.

Según Huxley, la ética tiene una función filogenética, y su fundamento debe ser la concordancia entre las consecuencias de una acción dada y la orientación evolutiva del desarrollo de la especie. Cualquier cosa que promueva o fomente ese desarrollo, es bueno; aquello que lo restrinja o elimine, es malo.

Como el desarrollo de las funciones cerebrales y de la inteligencia parece ser la orientación dominante en la evolución humana, la continuación del desarrollo intelectual podría ser uno de los deberes morales del ser humano, aunque existen además otras orientaciones, no todas de igual importancia.

Quizá la orientación fundamental sea la que condujo al establecimiento del hombre como un ser libre; y si la libertad es el principal atributo específicamente humano, fomentarla y promoverla constituye el primer deber del hombre, sin el cual no podrá hallar el camino que lo conducirá a la realización plena de todas las posibilidades que encierra su medio espiritual.

## BIBLIOGRAFÍA

- ALLEN, W. C.; A. E. EMERSON, O. PARK, T. PARK Y K. P. SCHMIDT. 1949. *Principles of animal ecology*, Section V, "Ecology and evolution", ed. I. W. B. Saunders Co., Philadelphia.
- ANDERSON, E., Y G. L. STEBBINS. 1954. "Hybridization as an evolutionary stimulus", *Evolution*, VIII, 4, 378-388.
- CARTER, G. S. 1958. *Cien años de evolución*, ed. I. Taurus, Madrid, 223 págs. Trad. castellana de *A hundred years of evolution*. Sidgwick and Jackson, Londres.
- CLAUD, P. E. 1948. "Some problems and patters of evolution examplified by fossils invertebrates", *Evolution*, II, 5, 322-350.

- DARWIN, CH. 1859. *Origen de las especies por medio de la selección natural o Conservación de las razas en su lucha por la existencia*. Trad. castellana de *The origin of species by means of natural selection*. Sempere y Cía., Valencia, 3 tomos.
- 1871. *The descent of man and selection in relation to sex*. Appleton y Cía., Nueva York, 2 vols.
- DOBZHANSKY, TH. 1941. *Genetics and the origin of species*, ed. II. Columbia Univ. Press, Nueva York, 446 págs.
- 1956. *The biological basis of human freedom*, ed. I. Columbia Univ. Press, Nueva York, 135 págs.
- EATON, T. H. (jr.). 1953. "Pedomorfosis; An approach to the chordate-echinoderm problem", *Syst. Zool.*, II, 1, 1-6.
- FOTHERGILL, PH. G. 1952. *Historical aspects of organic evolution*, ed. I, 427 págs.
- HARDY, A. C. 1954. "Escape from specialization, in Huxley J. S." (Editor), *Evolution as a process*, 122-142.
- HUXLEY, J. 1938. "Darwin's theory of sexual selection and the data subsumed by it in the light of recent research", *Amer. Nat.*, 72, 416-432.
- 1939. *Darwin*, ed. I. David McKay Company, Pha., 151 págs.
- 1943. *Evolution; The modern synthesis*, ed. I. Harper and Brothers, Nueva York, 465 págs.
- 1948. *Man in the modern world*, ed. I. Mentor Book, The New American Library, Nueva York, 191 págs.
- 1953. *L'évolution en action*. Trad. francesa de *Evolution in action*, ed. I. Presses Universitaires de France, 146 págs.
- 1954. "The evolutionary process, in Huxley J." (Editor), *Evolution as a process*, 1-23.
- 1958. *New bottles for new wine*, ed. I. Harper and Brothers Publ., Nueva York, 475 págs.
- MAYR, E. 1942. *Systematics and the origin of species*, ed. I. Columbia Univ. Press, Nueva York, 334 págs.
- 1947. "Ecological factors in speciation", *Evolution*, I, 4, 263-288.
- MOODY, P. A. 1953. *Introduction to evolution*, ed. I. Harper and Brothers, Nueva York, 475 págs.
- SIMPSON, G. G.; C. S. PITTENDRICH Y L. H. TIFFANY. 1957. *Life; An introduction to biology*, ed. I. Harcourt, Brace and Co., Nueva York, 845 págs.
- 1953. "The Baldwin effect", *Evolution*, VIII, 2, 110-117.
- 1953. *The major features of evolution*, ed. I. Columbia Univ. Press, Nueva York, 434 págs.
- STEBBINS, G. L. (jr.). 1950. *Variations and evolution in plants*, ed. I. Columbia Univ. Press, Nueva York, 643 págs.
- WADDINGTON, C. H. "Genetic assimilation of an acquired character", *Evolution*, VII, 2, 118-126.
- "The Baldwin effect; Genetic assimilation and homeostasis", *Evolution*, VII, 4, 386-387.

## La glaciación pleistocena y las gravas tehuelches

Por RICHARD F. FLINT \*

*Por atención del Dr. Richard F. Flint, publicamos a continuación la conferencia que pronunciara en el Departamento de Ciencias Geológicas de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de Buenos Aires*

EN NORTEAMÉRICA se opina que la geología del Cuaternario es una parte muy importante de la Geología en general, como bien lo demuestra el hecho de que en los Estados Unidos y en Canadá hay casi un centenar de geólogos trabajando en problemas del Cuaternario. Juntos hemos elaborado una detallada columna estratigráfica dentro del Cuaternario propiamente dicho, y hemos podido demostrar que esta columna contiene unidades de muchos y muy diferentes orígenes.

En muchas de nuestras Universidades, el estudio de la geología del Cuaternario tiene mayor importancia en los programas que en otras de países sudamericanos.

Durante mi visita a la Argentina, tuve la posibilidad de ver gran parte de su geología, en sólo seis semanas, gracias a los esfuerzos del doctor Teruggi, el doctor Polanski, el doctor Amos, y de los geólogos de la Comisión Nacional de la Energía Atómica y de Yacimientos Petrolíferos Fiscales.

Para comenzar, centraremos nuestra atención en dos grandes e interesantes problemas: el de las gravas Tehuelches y el de la glaciación en la Argentina.

Los sedimentos Tehuelches figuran entre los de mayor difusión en este país. Cubren gran parte de su superficie: desde el sur de la latitud de Bahía Blanca llegan al pie de los Andes por

\* Profesor de Geología de la Universidad de Yale (Estados Unidos).



el Oeste, y tienen el Atlántico como límite oriental. Son notablemente poco espesos y persistentes. Al estudiar las gravas, se advierte que los clastos que las forman son más y más redondeados a medida que se avanza de Oeste a Este. Su origen se encuentra en el Oeste, y aparecen siempre como una cubierta sobre superficies erodadas y lisas. El origen de estas notables gravas ha sido explicado de diversas formas. Debo apoyar aquella que las considera como gravas de pie de monte, depositadas por corrientes de agua que fluyeron de Oeste a Este.

Hay, por lo menos, dos horizontes de pie de monte en dos niveles distintos. No he podido observar ninguna evidencia que apoye la teoría de que las gravas Tehuelches son de origen glacial. Las aguas provenientes del deshielo pueden haber influido en su formación; pero, aun así, el Tehuelche perdió, durante un largo período de transporte, las características peculiares que distinguen los sedimentos fluvio-glaciares. Las gravas son pleistocenas; pero al menos una parte de ellas, si no todas, son más antiguas que la última glaciación andina. Un hecho sorprendente es que gran cantidad de rodados son frescos en la zona oriental, en tanto que hacia el Oeste algunos están muy meteorizados. Es probable que esta diferencia tenga alguna relación con la litología de las gravas. Es posible que la mayor parte de los materiales más fácilmente meteorizables hayan desaparecido por selección durante su transporte hacia la costa atlántica. El doctor Teruggi está dedicado actualmente al estudio petrográfico de las gravas, y es probable que el resultado de su investigación constituya una fuente más de información sobre su origen. (62)

Otro problema interesante es el de la extensión de la glaciación en la Argentina. En los Estados Unidos creemos que es posible trazar los límites aproximados de la glaciación pleistocena. En la Argentina, sin embargo, hay tres puntos de vista diferentes sobre su extensión.

1) La opinión más conservadora figura en un mapa publicado por Caldenius, hace treinta años. Tras un detallado estudio, Caldenius mapeó los límites orientales de la glaciación en la Argentina, haciéndolos coincidir, aproximadamente, con la base oriental de los Andes, salvo dos excepciones: a) el mapa muestra que en el extremo Sur, los glaciares deben de haber alcanzado el océano Atlántico; b) indica también que en el Norte (Mendoza, San Juan

y la parte Noroeste del país), la glaciación estaba confinada a las altas montañas, como lo confirmó recientemente el doctor Polanski.

2) Un punto de vista bastante distinto, expuesto por Groeber, Auer y otros geólogos, sostiene que una gran parte de nuestro país, comprendida entre los Andes y el Atlántico, estuvo cubierta por una serie de glaciares coalescentes. De acuerdo con esto, las cuencas locales de las gravas Tehuelches son el resultado de la erosión glacial; otros investigadores describen la región cubierta por las gravas como si tuviera morenas glaciares.

No estoy de acuerdo con esta última teoría, al menos en lo que se refiere a las regiones que llegan hasta los 44° de latitud Sur, que constituyen el límite meridional de la zona que estudié. Me parece sumamente improbable que haya habido glaciaciones fuera de los límites indicados en el mapa de Caldenius. Esta afirmación se basa en el hecho de que, al atravesar la Patagonia desde el Atlántico a la base de los Andes, no hallé pruebas de una glaciación, y en cambio encontré muchas en contra de esta teoría.

Creo que las cuencas consideradas hasta ahora glaciales son, en su mayoría, de deflación; pero incluyen, en la zona próxima a la cordillera, cuencas tectónicas. Las sedimentes morenas, al ser examinadas con mayor detenimiento, resultaron ser colinas de basamento cubiertas de gravas del tipo Tehuelche, que habían sido dejadas entre pequeños valles fluviales. Desde las cercanías de Rawson y Trelew, en el Este, hasta la zona de Esquel en los Andes, no se encontró ninguna evidencia de glaciación. Por estas razones, creo que la teoría de una extensa glaciación de las llanuras argentinas carece de base firme. Estoy completamente de acuerdo con el doctor Polanski, quien, hace algunos años y basándose en consideraciones climatológicas, rechazó esa misma teoría.

3) Hay otro punto de vista intermedio entre los dos precedentes. Sostiene que las glaciaciones se extendieron unas pocas decenas de kilómetros hacia el Este de los Andes, al menos en la zona de Mendoza. Esta opinión se basa en dos consideraciones: a) Los enormes bloques que se encuentran en la parte Este de los Andes, y b) La supuesta existencia de "till", material que se encuentra abundantemente en las proximidades de la ciudad de Mendoza, constituyendo, por ejemplo, parte de la formación Mogotes. Esta formación es una potente sucesión de conglomerados poco o nada seleccionados y estratificados, cuya matrix contiene un

porcentaje alto y variable de material volcánico. Si este sedimento fuera un "till", debería reunir determinadas características diferentes:

- 1) El piso sobre el que se halla debería estar removido o estriado por el movimiento glacial;

- 2) Debería contener, al menos, algunos clastos con la forma típica de los rodados glaciales;

- 3) Debería contener algunos clastos con estrías profundas y rectas;

- 4) Debería hallarse una estructura cuyos clastos tengan los ejes mayores orientados paralelamente y casi horizontales.

La formación Mogotes carece de las características 1, 2 y 3. Se ignora si posee o no la 4, que es cuestión de medidas detalladas. Geólogos de Y.P.F. están ocupados en este problema.

En muchos lugares la formación Mogotes contiene rodados que no presentan evidencias de abrasión. Sus superficies son de fractura, como si fueran fragmentos recientemente separados de la roca madre. Estas condiciones, cuando las hay, son muy raras en un "till". Yo nunca las he observado en un sedimento glacial.

Por estas razones, creo que la formación Mogotes tiene un doble origen. En primer lugar, incluye muchos conglomerados, depositados por corrientes de agua durante períodos excepcionales de gran caudal. Incluye, además, material depositado como "corrientes de barro" (mudflows) o "deslizamientos de tierra" (earthflows), llevado por lechos o canales de pie de monte. Estos lechos llevaban a veces masas espesas y pastosas de materiales volcánicos, con rodados de regular tamaño y grandes bloques englobados. Estas corrientes tienen un aspecto extraordinariamente semejante al de los glaciares, y los sedimentos que de ellas se derivan, tienen, macroscópicamente, gran semejanza con el "till" propiamente dicho. Si el material volcánico fino contiene montmorillonita, esta arcilla actúa como lubricante, y las corrientes pueden recorrer grandes distancias, aun sobre pendientes poco abruptas.

En resumen: las sedimentos llanuras de erosión glacial, que se encuentran al Este del límite indicado en el mapa de Caldenius, no tienen fundamento probado. Debido a ello, aceptamos los límites del citado mapa.

Un estudio posterior es muy necesario, ya que el Cuaternario de la Argentina está lleno de problemas. También es necesario un estudio más intensivo de la gravas Tehuelches. Los investigadores deberían estudiar, asimismo, las zonas situadas más allá del límite

septentrional del mapa de Caldenius, que sólo alcanza la latitud de Bariloche. En esta región, y de ella hacia el Sur, donde en los tiempos glaciales debieron de existir bosques, debiera realizarse una minuciosa búsqueda de restos de madera en las cuencas glaciales. Su hallazgo sería de gran importancia, porque estos restos contienen  $C^{14}$ , y su medición puede aportar importantes datos sobre la edad de la madera, y, por lo tanto, de las glaciaciones.

Cuando, en 1950, se descubrió la importancia del  $C^{14}$  para la datación del Pleistoceno, se conocía muy poco acerca de los restos de madera incluidos en los depósitos glaciales. Sin embargo, muchos geólogos se dedicaron a buscarla, y, después de algunos años, se conocían numerosos lugares en los que se encontraba madera fósil.

Como resultado de ello, sabemos ahora mucho sobre la correlación cronológica de las glaciaciones de América del Norte y de América del Sur. Suponemos que ambas glaciaciones fueron simultáneas; pero aún no hay pruebas suficientes de ello.

Mencionando por un momento la geología pre-cuaternaria, quiero añadir que tuve oportunidad de ver dos depósitos de esta clase: uno, el bien conocido "till", presumiblemente pérmico, de la sierra de la Ventana, y el otro, las tilitas, quizá mississippianas, de Barreal, en San Juan. En mi opinión, el origen glacial de ambas es incuestionable; pero el misterio del origen y la magnitud de los glaciares de esas épocas sigue completamente a oscuras.

Me parece posible que todos los bloques erráticos que se encuentran al Este de los Andes, hayan formado parte, en un principio, de conglomerados o deslizamientos de tierra (earthflows). Probablemente, la mayoría de ellos era parte integrante de cuerpos sedimentarios cuyas fracciones más pequeñas y finas fueron removidas por la erosión. Es difícil tratar de visualizar bloques de un diámetro de dos a cuatro metros arrastrados por una corriente de barro, si no se ha podido observar el fenómeno en la actualidad. Creo que estos bloques no pudieron alcanzar su posición actual por ningún otro medio.

No podemos probar el origen de un bloque cualquiera que se encuentra aislado en la superficie —a causa de la erosión del material circundante—; pero basamos nuestra suposición en analogías. El principal problema que plantean estos depósitos, es su gran extensión. Debemos recordar, sin embargo, que los Andes son muy elevados y tienen pendientes abruptas. Son, además, una excelente fuente de angulosos fragmentos de roca.

Por último, la región situada al Este de los Andes es, hasta el Atlántico, árida y con una distribución anual de lluvias muy irregular. Ésta puede ser la razón de que el desarrollo de los sedimentos de pie de monte sea tan pronunciado en la Patagonia, y de que se hallen con tanta frecuencia bloques erráticos.



## “El reloj fisiológico”, de Bünning

Comentario por JOSUÉ NUÑEZ \*

ABSTRACT. — A brief commentary about Prof. Erwin Bünning's book: *Die physiologische Uhr*. This contains almost all what is known up to now about living-beings' ability for measuring time. The main purpose of this commentary is its usefulness for those engaged in physiological research.

LA ADAPTACIÓN del mundo biológico a su medio, no sólo se ha realizado en cuanto se refiere a las condiciones *espaciales*, sino que también se ha logrado una concordancia *temporal* con el orden diario o anual de los acontecimientos exteriores, según vemos por los estudios ecológicos. El recordar el tiempo transcurrido es una propiedad de todos los seres vivos. El más conocido es el caso de la abeja, que puede recordar y buscar alimento a la hora para la que fue adiestrada. En vegetales, los ejemplos abundan. Se puede citar el de las plantas que abren sus flores por la mañana temprano, aun antes de aclarar, y comienzan sus nectarios a secretar, demostrando poseer una cierta memoria. Otra de las manifestaciones es la de medir la longitud de los días durante las estaciones, y responder de acuerdo con ella (floración, pupación). Podemos decir, según esta capacidad de orientarse en el tiempo, que los animales y las plantas han heredado un *patrón de medida* para el tiempo; en el momento oportuno pueden dar la señal de alarma, y se desencadena toda una serie de fenómenos cuando la medida exterior deja de coincidir con el patrón propio.

Bünning trata de demostrar que en animales y plantas, y aun en el hombre, se usa el mismo principio fisiológico para la medida del tiempo diario.

\* Profesor adjunto de fisiología animal de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Buenos Aires.

### 1) PROCESOS CÍCLICOS, BASE PARAR MEDIR EL TIEMPO

La medida fisiológica del tiempo se realiza según el principio de los procesos cíclicos, es decir, como en nuestros relojes modernos, y no según el principio del reloj de arena. Para convencernos de ello, sólo basta citar el ejemplo de las abejas, que, adiestradas para una determinada hora, luego de varios días de mal tiempo, durante los cuales no pudieron ir en busca de su comida, saben aún a qué hora deben hacerlo. Fenómenos cíclicos del mismo tipo son, por ejemplo: el movimiento de "sueño" de las hojas de numerosas plantas, el ritmo de expulsión de los esporangios en *Pilobus sphaerosporus*, de migración del pigmento en los crustáceos y de su actividad diaria, la eclosión rítmica diaria en insectos (*Drosophila*), las oscilaciones del metabolismo (producción de  $\text{CO}_2$  o consumo de  $\text{O}_2$ ) en plantas y animales, la fosforescencia de *Gonyaulax* (Dinoflagelado), etcétera. Se sobreentiende que la fase del ritmo endógeno diario está dada por factores externos.

Históricamente, las primeras observaciones en vegetales se remontan a Zinn (1759). Sachs hace más de cien años presentó argumentos en cuanto a lo endógeno del ritmo; pero recién Kleinhönte (1929) aportó argumentos definitivos estudiando sus leyes. En animales, Forel (1910) atribuyó por primera vez una memoria para el tiempo a las abejas.

Aislado de los factores sincronizadores externos, el ritmo endógeno puede ser desplazado en su fase diaria, y en general manifestar desviaciones del ritmo básico de 24 horas, que puede oscilar entre 22 y 28 horas. Ahora bien; un individuo mantiene normalmente, en condiciones constantes, por varios días y con mucha precisión, la longitud de su período. Experimentalmente no se halló una modificación del ritmo por otro exterior superpuesto (por ejemplo, de 8 horas), ni durante el desarrollo, ni aun durante varias generaciones. Por cruza entre individuos de dos períodos distintos (*Phaseolus multiflorus*), se obtiene una  $F_1$  y  $F_2$  con períodos de longitud intermedia, que posteriormente pueden dar lugar a los iniciales. Así como hay diferencias genéticas en la longitud de los períodos, la hay en cuanto a la intensidad de su oscilación. Ello daría posibilidad de una adaptación en forma precisa, por selección, a condiciones externas extremas.

Animales y plantas mantenidos durante sus estados embrionarios en condiciones constantes, no muestran ningún ritmo endógeno; pero sólo necesitan *un único estímulo* para comenzar a oscilar rítmicamente. El efecto de un único estímulo para desencadenar la ritmicidad sería el de sincronizador de un proceso que ya se cumple. En el caso de animales metazoarios, la existencia de una regulación central no impide una desincronización que se puede observar en órganos aislados (riñones, etc.).

Uno de los estímulos más comunes que determinan una sincronización del ritmo, es la luz. En las plantas superiores, como en *Phaseolus*, la luz roja clara (600-700 m $\mu$ ) lo determina, y su efecto puede ser inhibido por la luz roja oscura (700-750 m $\mu$ ). En *Gonyaulax* (fosforescencia) y en hongos (expulsión de los esporangios), sólo con la luz azul se inicia el ritmo. Bajo condiciones normales, la oscilación rítmica inducida por un cambio único de luz/oscuridad, decrece en el transcurso de algunos días o semanas, dependiendo de la temperatura o de otras condiciones externas, y se extingue a más corto plazo a la luz que a la oscuridad. Aparentemente, esto se debe a que las células individuales pierden la sincronización, que se recupera por otro estímulo, o a que el "oscilador" llega a un estado de reposo.

## 2) CONTROL CELULAR CENTRAL DEL PROCESO

En numerosos casos se han hallado procesos celulares con un cierto ritmo, ya en organismos unicelulares, como *Euglena* (reacción fototáctica), ya en partes aisladas de vegetales pluricelulares, como, por ejemplo, el ritmo de turgor o crecimiento que se observa en las mitades dorsal y ventral aisladas de las articulaciones de las hojas. En animales parece dominar una regulación hormonal por centros. En este sentido se puede citar la acción de control de la sangre: por inversión del ciclo luz/oscuridad puede cambiarse de fase el ciclo de *Plasmodium* en aves. Se ha citado asimismo una ritmicidad de mitosis, la que podría acompañar a una variación de concentración del azúcar sanguíneo.

En artrópodos, demostrada la acción cromatoforotrópica de la glándula del seno de los pedúnculos oculares, no se la pudo correlacionar con alguna actividad secretora rítmica de esa glándula. Aún más: Brown, Bennet y Webb demostraron que las oscilaciones rítmicas del consumo de O<sub>2</sub> en *Uca* continúa sin pedúnculos ocu-

lares. Harker refiere, en *Periplaneta americana*, que individuos decapitados reciben, juntamente con el ganglio subesofágico trasplantado, un ritmo de actividad en fase coincidente con el del dador; este caso se interpreta como regulación por la actividad secretora de este ganglio. Las observaciones de Eidmann en *Dixippus morosus* indican una pérdida del ritmo por decapitación o corte de los conectivos entre ganglio subesofágico y ganglios cerebrales. Otros trabajos de Klug señalan: variación rítmica del volumen nuclear en *C. allata*, y de la neurosecreción en el cerebro de *Carabus nemoralis*. Falta aún demostrar si todos estos procesos no tienen su origen en el sistema nervioso mismo.

En cuanto a los procesos rítmicos conocidos para el hombre, los sitúa Aschoff (1955) en el sistema nervioso central. Se manifestarían por la vía de las glándulas endocrinas. Así, por ejemplo, ha podido comprobarse una mayor actividad de las suprarrenales con mayor producción de adrenalina durante el día, y por el contrario, de la hipófisis y de hormona melanoforotropa por la noche. Igualmente Halberg ha encontrado un ritmo de 24 horas en los eosinófilos sanguíneos, acompañado por una correlación de secreción de la hormona de la corteza suprarrenal, demostrable por la presencia de 17 cetosteroides. En la misma forma se ha demostrado una regulación fotoperiódica del celo en ratas con intervención de la hipófisis por vía de los ojos y el hipotálamo, y algo similar para la postura en las pollas.

Todas estas observaciones en vertebrados permiten inferir que el "reloj fisiológico" (RF) está ubicado en el sistema nervioso. Por otra parte, se puede demostrar que funciones aisladas, de ritmo diario, pueden carecer de sincronización entre sí; por ejemplo: el ritmo renal con diuresis nocturna y antidiuresis diurna; el ritmo calculado por una persona sacada bruscamente del sueño o hipnosis puede ser totalmente falso, así como la cierta independencia que en el movimiento rítmico diario de la peristalsis puede conservar un trozo de intestino aislado de *Mesocricetus auratus*. La existencia de una capacidad fisiológica celular, aun en los animales superiores y las plantas, así como también su mayor o menor manifestación en determinados tejidos o centros, sería una de las características del RF.

### 3) ACCIÓN DE LOS DIVERSOS FACTORES SOBRE EL RF

Dentro de los ritmos metabólicos, los más evidentes son los que se refieren a la producción de  $\text{CO}_2$  y consumo de  $\text{O}_2$ . ¿Son estos ritmos metabólicos el resultado, o son el mecanismo mismo de la actividad diaria? Las experiencias realizadas han llevado a la conclusión de que la modificación del metabolismo no lleva a una variación del período de oscilación, aun cuando modifique la intensidad de su manifestación; por lo tanto, el *factor tiempo* debe regularse en forma distinta de la regulación bioquímica supuesta primitivamente (acción recíproca de toma de alimento y de hambre). En todo caso, siempre es independiente de la intensidad del metabolismo.

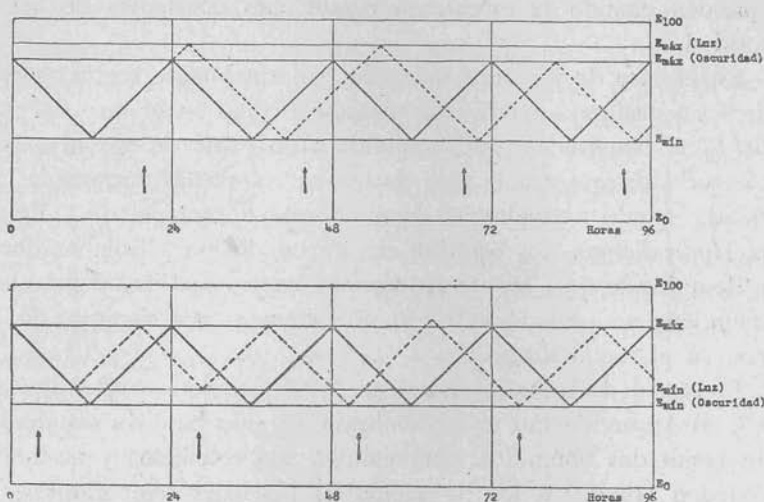
*Temperatura.* — Luego de algunos primeros resultados erróneos, debidos a fallas técnicas o de observación, se encontró que la temperatura, aparte las acciones directas sobre los diversos procesos, no interfiere con el RF mismo (*Drosophila*: eclosión de los adultos). Esto ha sido demostrado para las manifestaciones más variadas, como ser: actividad en *Periplaneta americana*, fosforescencia en *Gonyaulax polyedra*, movimiento de sueño de las hojas de *Phaseolus multiflorus*, actividad de *Lacerta sicula*, resultando en algunos casos (ritmo de esporulación en *Oedogonium*) coeficientes negativos ( $Q_{10} = 0,8$ ). El descenso brusco de la temperatura (por ejemplo, de 21 a 10° C) puede dar lugar a aparentes procesos de compensación, con un retardo inicial del ritmo, que se acelera posteriormente. Ello ha hecho pensar en la intervención de procesos con coeficientes de temperatura diferenciales. La exposición a muy bajas temperaturas (0 — 5° C, y a veces 10° C) determina un desplazamiento de fase permanente (demostrada por la memoria del tiempo en la abeja) de varias horas, es decir, el RF se ha retrasado. Los resultados más interesantes se han obtenido por acción de temperaturas muy bajas. Las respuestas son diversas según la fase a la que se lo aplica; por ejemplo, en el caso del movimiento de hojas se observa un desplazamiento de fase sólo cuando el enfriamiento se produjo durante el pasaje de la posición diurna a la nocturna. En el caso de *Periplaneta* enfriada poco antes de un período de actividad, un lapso superior al que hubiera requerido sin la acción de la baja temperatura. *Todo ocurre como si el osci-*



lador hubiera alcanzado en la pausa una posición de reposo. Se demuestra, además, que el oscilador tiene una temperatura óptima de trabajo dentro de los valores medios. Su oscilación es menor a temperaturas mayores o menores.

El oscilador modelo tendría dos posiciones: una de máxima energía, de carga, de tensión, y otra de mínima energía, de descarga, de distensión. El enfriamiento lo lleva a una de estas posiciones extremas, y en este caso es probablemente la posición de mínima energía la fase que por enfriamiento no puede ser eliminada. Con la elevación de la temperatura se le da un nuevo impulso para oscilar. Sería comparable a un elástico que por elasticidad llega a su posición de mínima energía, para comenzar nuevamente a flexionarse. El ser *independiente* de la temperatura, sería en definitiva *sólo* la velocidad del proceso de carga o descarga, pero no el tiempo que se prolongan éstos. De todas maneras, una baja temperatura anularía el estado fisiológico nocturno, es decir, según el esquema anterior, el de carga del oscilador, pudiendo la temperatura servir de sincronizador sólo cuando es suficientemente baja.

*Luz.* — El estudio de la acción de la luz, principal regulador del ritmo diario del RF, es por demás importante. En *Phaseolus multiflorus* se ha demostrado una acción antagonista por iluminación permanente con rojo claro (28 horas de longitud de período) respecto del rojo oscuro (24,3), con rápido amortiguamiento de las oscilaciones en este último caso. De acuerdo con lo que conocemos de la acción de la temperatura, la luz debería afectar alguna de las fases del oscilador antes que éste alcance su valor final. Como marcador de tiempo, la luz da lugar, en algunos casos rápidamente (1-2 días; en el hombre, en 8-14 días), a una inversión de fase por inversión de la iluminación, y el estímulo podría tener otra vía de entrada, además de la visual (*Periplaneta*). Si se mantienen entonces las condiciones constantes, el nuevo ritmo puede conservarse, aun cuando en algunos casos se recupere el antiguo (ello se explica teniendo en cuenta, según hemos visto, que no en todo el organismo el ritmo mantiene la misma fase; faltando el cronómetro externo, otra parte del organismo puede pasar a serlo). El cambio de fase puede conseguirse con una corta iluminación durante la fase de oscuridad, y en este caso la entrada en el nuevo ritmo se cumple por el camino más corto, es decir, el ritmo se



Figuras 1 y 2

### Esquema para aclarar la acción de la luz sobre el ritmo endógeno diario

Figura 1. — Se ofrece un estímulo luminoso en la fase de tensión. Aumenta la carga. Ya que el nivel energético crítico para la descarga no se altera, luego de esta carga se necesita un mayor tiempo para la descarga. El proceso se repite hasta que el estímulo luminoso no alcance más a la fase de tensión o de carga.

Figura 2. — El estímulo luminoso actúa en la fase de distensión o de descarga. Posibilita interrumpir el proceso de descarga a un nivel energético más alto. Puesto que ahora el nivel energético de tensión o carga no se modifica, la tensión crítica superior se alcanza antes que en el caso normal. El proceso se repite hasta que la fase de distensión no sea alcanzada por el estímulo luminoso. (E = Nivel energético: 100, máximo, mínimo, cero.)

retrasa o se adelanta cuando el estímulo exterior se presenta con retraso o adelanto, respectivamente. En la misma forma que en el caso anterior, es posible interpretar los hechos sobre la base de un modelo de oscilador (figs. 1 y 2). Si el estímulo llega en la fase de *tensión*, intensifica la "carga", y para ello el oscilador necesita un tiempo suplementario desplazándose de fase; si llega en la fase de *distensión*, ocurre a la inversa, no permitiendo que alcance la posición final, y dando lugar también a un desplazamiento de fase. La adaptación o desplazamiento del ritmo endógeno que se consigue en esta forma, tiene ciertos límites. Con manifestas irregularidades se pueden incluir ciclos de hasta 18 y 28-30 horas, que

se pierden cuando se establecen condiciones constantes de luz u oscuridad.

En el caso de períodos inducidos, anormalmente cortos, puede ocurrir un desfase de diversos procesos, como en el caso del isópodo *Ligia baudiniana*, que, sometido a un ritmo de 8/8 horas de luz/oscuridad, presenta la fase de mayor coloración durante la oscuridad, cuando normalmente la manifiesta durante el día. En el alga *Hydrodictyon*, los estudios de Pirson, Schön y colaboradores han demostrado que, en condiciones de luz u oscuridad constantes, se mantiene un período inducido previamente; por ejemplo, de 18 horas, en el metabolismo.

El efecto de factores químicos (CNNa, arseniato, 2-4-dinitrofenol, etc.) que afectan el metabolismo, ha sido también estudiado; y los resultados obtenidos, por ejemplo, con colchicina y uretanos, se pueden asimilar a los de acción de las bajas temperaturas; el oscilador se relaja aún más, y con ello da lugar a un retraso inicial, seguido por oscilaciones de menor período más próximas al nivel energético menor, es decir, al diurno. Suprimiendo el  $O_2$ , se llega rápidamente al nivel energético cero, y el oscilador deja de oscilar.

#### 4) LOCALIZACIÓN DEL RF

Se ha buscado asimismo localizar el RF en diversas partes de la célula, estudiando para ello el papel que cada componente identificable puede desempeñar en su funcionamiento; por ejemplo, el de los *plástidos* (teniendo en cuenta las variaciones observables en la producción de pigmentos clorofilianos, o el ritmo de estratificación manifiesto de los granos de almidón, aun en condiciones constantes), del *núcleo* (en vista de las variaciones diarias de volumen citadas para *Allium*, o en el corpus allatum de *Carabus nemoralis*, así como también de los ritmos mitóticos diarios de *Gonyaulax* o *Oedogonium*, que muestran una notable independencia de la temperatura) o del *citoplasma*. En todos estos casos se podría muy bien tratar de manifestaciones y no del mecanismo del RF, siendo razonable pensar que *la célula misma* constituye un reloj fisiológico y no sus partes individuales (Pittendrigh y Bruce).

Se puede resumir lo anteriormente expuesto en el *modelo dinámico* siguiente:

El *ritmo endógeno* sigue el principio del oscilador basculante. Entre 4 y 6 horas después de comenzar la iluminación alcanza el

mínimo energético, y 12 horas después (es decir, 4-6 horas después de comenzar el oscurecimiento con un ritmo de luz/oscuridad de 12/12 horas) alcanza su máximo energético. Entre el primer punto y el segundo se extiende la fase de carga (que puede ser afectada por falta de  $O_2$ ), y entre este último y el primero del ciclo siguiente, la de descarga. El sistema oscilante podría muy bien consistir en cambios de estado físico, aun cuando su energía fuera de origen químico. Es aún apresurado anticipar relaciones metabólicas con las diversas fases del oscilador; pero es muy importante señalar que el *ritmo diario endógeno* es una de las manifestaciones fundamentales de la célula, especialmente desde el punto de vista energético, y debe tenerse en cuenta cuando se trata de estudiar cualquier proceso fisiológico.

#### 5) UTILIDAD QUE PRESTA EL RF A LOS ORGANISMOS

En líneas generales, los procesos metabólicos rítmicos observados no son en sí primarios, sino —al menos en los animales superiores— manifestación de oscilaciones diarias en la actividad del sistema nervioso. Esta ritmicidad trae aparejada una serie de ventajas metabólicas para los organismos. El rendimiento final de la célula se eleva al poder trabajar con valores extremos de actividad y reposo, en lugar de valores medios. La existencia de una inercia que fija un cierto ritmo endógeno, permite superar períodos de arritmia externa, y es por ello que el RF no funciona según el principio del reloj de arena, sino que es cíclico. Esta inercia, de la que se dudó durante mucho tiempo, fue definitivamente demostrada en la abeja por las experiencias de Renner. Se utilizó para ello la capacidad de la abeja de corregir (para su orientación) la posición del sol por medio de su RF. Los animales adiestrados en París para buscar su alimento a determinada hora del día, fueron trasladados a Estados Unidos, y allí demostraron mantener por su ritmo endógeno la hora de París. *Buscaron su alimento a la hora de París.*

Lo mismo ocurre en los vegetales. "Recuerdan" la hora de un estímulo (luminoso o térmico) durante varios ciclos diarios, y estos ciclos no pueden ser otros que los de 24 horas, aproximadamente.

Además de la utilidad que en el caso de la abeja le presta su RF para su ubicación en el tiempo, tenemos las muy importantes

relaciones que se observan en el hombre. La ganancia evolutiva en el caso del hombre residiría en poder "colocar" *conscientemente* una señal en el RF.

Se sabe actualmente que otros artrópodos y las aves utilizan su RF para orientarse respecto del sol. Entre otros, se han realizado experiencias con palomas mensajeras, y se ha comprobado que realmente hay una corrección de la posición del sol en el tiempo, y que ésta puede llegar a ser muy precisa. En *Talitrus saltator*, un crustáceo estudiado por Papi, Pardi y Grassi, se demostró que luego del traslado al hemisferio sud (de Italia a la Argentina), la orientación respondía al RF en la hora de su lugar de origen. En todos estos casos se puede cambiar la fase con un *cronómetro* exterior de luz/oscuridad o de temperatura.

En la abeja se ha demostrado experimentalmente, por cambio de hemisferios, que: 1) los animales del hemisferio norte corrigen equivocadamente la posición del sol en el hemisferio sud; 2) que aun es posible observarlo en los descendientes  $F_1$  por cruza (experiencias de Kalmus en Brasil), y 3) que entre los trópicos pueden adoptar rápidamente (en algunas semanas) la nueva modalidad, aun con distancias cenitales del sol de 2,5 grados.

También se utiliza el RF para "recordar" el ritmo de las mareas, según lo han demostrado las experiencias de Brown y colaboradores (aun cuando en algunos casos es evidente la acción fotoperiódica de la luz lunar). En el cangrejo *Uca*, este ritmo está íntimamente relacionado con el ritmo diario; un cambio de fase por estímulos luz/oscuridad desplaza simultáneamente ambos ritmos.

Los seres vivos han hecho uso de su RF para medir la longitud de los días en el curso de las estaciones (en la floración, en la determinación de la diapausa, cambios de pelaje, migraciones, etc.); los casos clásicos son: el de las reacciones fotoperiódicas en vegetales con modalidades de días cortos (brevidiurnas) y días largos (longuidiurnas) (*Chrysanthemum* e *Hyoscyamus*), y de la diapausa en los insectos. La precisión con que se logra medir el tiempo en estos casos, puede llegar a ser enorme. En aves alcanza a sólo algunos minutos, y en un arroz de Java, a una diferencia de un minuto en el tiempo de iluminación, el vegetal responde con una diferencia de un día en el tiempo de desarrollo.

Todos estos estudios conducen a la siguiente comprobación de índole general: el comienzo de un período de iluminación (que puede ser muy corto) desencadena un proceso cíclico con dos hemi-



ciclos de diferentes cualidades fisiológicas, determinables por la sensibilidad de respuesta a una iluminación perturbadora. En las plantas de días cortos, el segundo hem ciclo es escotófilo, y en las de días largos es fotófilo (fig. 3). Un estímulo luminoso desencadena varios ciclos de oscilación de los citados, que, en el caso estudiado, coincide con el movimiento de las hojas. Durante el hem ciclo de oscuridad existiría una especial sensibilidad para el rojo claro (600-650 m  $\mu$ ), y durante el de luz, al rojo oscuro (710-735 m  $\mu$ ), con efecto antagónico, dado que la acción de una banda de iluminación elimina la acción de la otra. Se puede interpretar esto suponiendo la presencia de un pigmento que existe en dos formas fisiológicamente antagonistas, o de dos pigmentos diferentes. Según sus propiedades, parece tener este pigmento o pigmentos características de las porfirinas, aun cuando no ha podido ser aislado.

En ambos tipos de fotoperiodismo, los hem ciclos de la oscilación tienen propiedades comunes: el primer hem ciclo manifiesta capacidad sintética preferencial; el segundo, un catabolismo acentuado.

En el año 1956, Sachs ha podido realizar otra valiosa comprobación: algunas plantas necesitan para florecer un cambio de longitud del día, es decir, de días cortos a largos, o viceversa; la luz rojo claro intervendría en dos reacciones diferentes, ambas necesarias para la floración. Las plantas sensibles a ambas serían del tipo corto-largo, o viceversa; si sólo a una, serían del tipo corto o del tipo largo, y si no son sensibles a ninguna, indiferentes. También se demuestra que en el primer caso puede haber una floración con días de duración constante, cuando ambas curvas de sensibilidad se cortan. Este condicionamiento de la sensibilidad a una cierta *dirección* de variación de la longitud de los días, *suministra recién la información* necesaria para apreciar el curso de las estaciones del año. Kobayashi ha comprobado la existencia de un sistema que opera según el mismo principio en el cambio de plumaje de los canarios.

También en animales se ha demostrado una respuesta fotoperiódica similar a la estudiada por primera vez en vegetales; sabemos que *Grapholitha*, una polilla, necesita para entrar en diapausa un ritmo de 7-15 horas de luz y 11-16 horas de oscuridad, y que en *Acronycta* se inhibe la diapausa por intercalación de 3 horas de luz durante la fase de oscuridad.

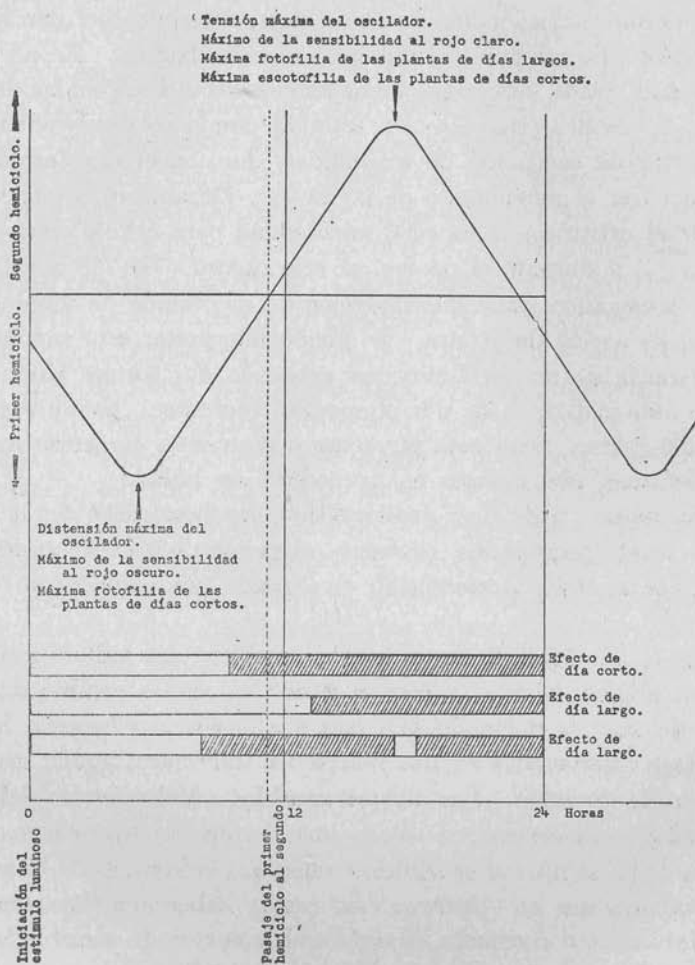


Figura 3

### Representación esquemática del efecto del ritmo endógeno diario sobre la sensibilidad luminosa fotoperiódica

El comienzo de la iluminación regula los ciclos de tal manera, que 4-6 horas después de la iniciación del estímulo tiene lugar la distensión máxima, y después de 12 horas comienza el proceso de tensión o de carga. Se indican debajo tres formas de ciclos diurnos de luz/oscuridad: el primero actúa como DÍA CORTO para las plantas de días cortos o largos, dado que termina antes de comenzar el segundo hemisiclo; el segundo corresponde a un día largo (el estímulo luminoso se prolonga más allá del fin del primer ciclo); el tercer tipo actúa tanto en plantas de días largos como de días cortos como DÍA LARGO, dado que una parte de la luz, como luz perturbadora, cae en el hemisiclo de tensión.

En vertebrados ha sido observado lo mismo, en cuanto se refiere a la inducción del celo en hurones con 12 horas de luz y una hora de iluminación suplementaria, cuando naturalmente necesitan 18 horas continuas de luz. En los machos de *Junco hyemalis*, un pinzón, la producción de una determinada cantidad de esperma está condicionada a una exposición continua de 14 horas diarias de luz, o de 8 horas más 2 horas suplementarias a 16-18 horas del comienzo del primer estímulo luminoso. En animales no se descarta la posibilidad de una acción a través de la piel, y se ha citado como especialmente activa la luz de una  $\lambda$  de 580 m  $\mu$ ; pero en general las  $\lambda$  más efectivas son más cortas. Otra relación muy importante, digna de ser tenida en cuenta, es la temperatura: la fase de menor temperatura debe coincidir con la oscuridad para un desarrollo óptimo; además, dado que cada uno de los procesos rítmicos considerados está regulado en su funcionamiento por factores diversos internos y externos, no es sorprendente que un cambio de fase esté acompañado por disritmias en el funcionamiento de diversos órganos, como realmente ocurre.

Finalmente, y como uno de los tantos interrogantes que se abren hacia el futuro, está el de resolver si: a) sobre un único RF se colocan los "jinettiños" que darán la alarma en su momento oportuno al organismo cuando las condiciones fijadas se cumplan, o si: b) en realidad cada nuevo proceso pone en funcionamiento un nuevo RF por sí.

El trabajo cita una abundante bibliografía.

## “Estudio sobre facies”, de D. V. Nalivkin

Por SERGIO ARCHANGELSKY \*

ABSTRACT. — This paper contains an abstract of D. V. Nalivkin's *Study of facies*, printed in Russian in third edition by the Academy of Sciences of the U. R. S. S. on 1956.

A facies in paleogeography is a sediment (rock) which has a homogeneous lithological constitution, and which includes a single type of flora or fauna; it is the basic unit within a *landscape*.

This is a comprehensive work and may serve as an introduction to stratigraphy. Nalivkin bases his book mainly on geomorphological, petrographical and paleontological data.

The role of paleontology in this content goes beyond the merely biological aspect, and represents one of the important criteria in the delimitation of facies.

The most important feature of this book is the proposal of a new classification of the facies with four definite categories: facies being the basal (similar to species in biology), *sevia*, *nimia* and formation the higher ones. Two large formations are established: sea and continent.

This work deserves the attention of every student of geology and paleontology since it offers a complete treatment of the different facies known until today.

### INTRODUCCIÓN

EL “ESTUDIO SOBRE FACIES” o “Las condiciones geográficas de la formación de los sedimentos”, data del año 1932. El presente comentario analítico se basa en la tercera edición, realizada por la Sección de Ciencias Geológicas y Geográficas de la Academia de Ciencias de la U.R.S.S., en 1956, en idioma ruso.

El autor, D. V. Nalivkin —destacado geólogo y estratígrafo, y en la actualidad, miembro de la Academia de Ciencias de la

\* Profesor de Paleontología del Doctorado en Ciencias Biológicas, y de Geología y Paleontología del Profesorado en Ciencias Biológicas de la Escuela Universitaria de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Tucumán. Encargado de la Sección de Paleontología del Departamento de Geología de la Fundación Miguel Lillo (Tucumán).

U.R.S.S.—, fue discípulo del eminente paleontólogo y estratígrafo A. A. Borissiak.

El origen de esta obra se remonta a los años 1921-1922, época en que Borissiak —profesor entonces de la cátedra de Geología Histórica en el Instituto de Minas de Leningrado— le encargó a Nalivkin la preparación de un curso especializado que versaba sobre el estudio de las facies. Posteriormente, en 1932, este curso se edita por primera vez, e inmediatamente, en 1933, vuelve a ser editado.

La obra que analizaremos a continuación, se destaca por un intensivo desarrollo de algunos conceptos estratigráficos, sobre la base de un gran acopio de ejemplos surgidos de una prolija recopilación bibliográfica, y de una intensa labor de campo realizada por un numeroso equipo de geólogos y paleontólogos.

Nalivkin presenta en este estudio un nuevo sistema clasificatorio de las facies, agrupándolas en categorías definidas. Se basa en el clásico principio de que el presente es la clave del pasado. Para ello, describe detalladamente los procesos actuales que rigen la acumulación de los sedimentos, y con esto trata de reconstruir las condiciones de sedimentación en el pasado geológico. El autor utiliza primordialmente los recursos que nos brindan la geomorfología, la petrografía y la paleontología, para delimitar estas nuevas categorías de la sistemática estratigráfica, definidas al comienzo de la obra.

Este tratado es accesible a un vasto círculo de naturalistas, siendo especialmente interesante para los que estudian la estratigrafía, paleontología y petrografía de rocas sedimentarias. Consta de dos tomos. El primero tiene cinco capítulos, que ocupan 534 páginas de texto, con 182 figuras y 39 cuadros. El tomo segundo tiene dos capítulos, con 393 páginas, 101 figuras y 42 cuadros. Más de 2000 citas bibliográficas están distribuidas por temas al final de cada tomo. La tirada de esta obra es de 10.000 ejemplares.

#### TOMO PRIMERO — CAPÍTULO PRIMERO

##### *Consideraciones generales*

Las primeras palabras tratan sobre la aplicación del estudio de las facies en las disciplinas geológicas y paleontológicas. Inmediatamente se pasa a la definición del concepto "facies", dada como un sedimento (roca) que en toda su extensión mantiene uniformi-



dad litológica y encierra el mismo tipo de fauna o flora. Luego se definen los conceptos "biocenosis" y "biotopo". La *biocenosis* es el conjunto de animales y plantas relacionados con una misma facies. *Biotopo*, en cambio, es el conjunto de las condiciones físico-geográficas relacionadas con una misma facies.

Facies es la unidad del paisaje. Todos los paisajes de la superficie terrestre pueden ser subdivididos en distintos tipos de facies. Por lo tanto, la facies en paleogeografía tiene la misma categoría sistemática que la especie en zoología o botánica.

La condición primordial de una facies es su uniformidad. El concepto "litofacies", propuesto por Moore, según Nalivkin, representaría nada más que el componente litológico de una facies. En cambio, se consideran importantes los conceptos "magnafacies" y "parvafacies", de Caster.

Las facies son muy variables, pudiendo abarcar áreas restringidas, dentro de las cuales sufren gran variación (por ejemplo, en los ambientes marinos, hasta los 40-60 metros de profundidad), o bien pueden ser uniformes en grandes extensiones (como a grandes profundidades, en ambientes marinos). Las áreas de las facies continentales y lacustres son generalmente más reducidas, pero muy variables.

Los espesores que pueden tener las facies, varían desde pocos centímetros hasta miles de metros. A veces, las facies tienen límites precisos; otras veces, no.

Termina este capítulo con la clasificación de las facies. La categoría inferior sería la facies. Luego siguen la *servia*, *nimia* y *formación*.

*Servia* está definida como un complejo de facies, que paulatinamente se suceden y que constituyen una manifestación geográfica uniforme. Por ejemplo, son *servias* las lagunas, las dunas, una llanura glacial, una laguna de un arrecife de coral, la playa de un mar abierto, un estrecho marino. En estado fósil, están representadas por un grupo de estratos; y más raramente, por un estrato que tiene cambios laterales. Se diferencia de una facies, por la heterogeneidad en su constitución litológica y florístico-faunística.

*Nimia* es un complejo de *servias* que se suceden gradualmente y que abarcan grandes regiones geográficas. Son *nimias* los deltas de los grandes ríos, los mares cerrados, las grandes cadenas montañosas, los desiertos, las plataformas continentales. A veces, sus

dimensiones son más reducidas, como en el caso de los arrecifes. En estado fósil, una nimia está representada por espesores considerables de numerosos estratos, pudiendo equivaler a lo que nosotros denominamos como *serie sedimentaria*.

*Formación* está definida como un complejo de nimias que abarca las partes principales de la corteza terrestre. Acepta el autor dos formaciones principales: continente y mar. También pueden incluirse las formaciones lago y geosinclinal, aunque tengan una mayor restricción geográfica. Como ejemplo de formaciones actuales, se mencionan todos los océanos y continentes. Al estado fósil, una formación típica estaría representada por todos los sedimentos que constituyen el geosinclinal de los Urales, por ejemplo.

## CAPÍTULO II

### *Acumulación de los sedimentos*

La acumulación de los sedimentos o sedimentación, juntamente con la destrucción o denudación de las rocas, constituyen procesos generalizados en toda la superficie terrestre. En este capítulo, Nalivkin trata algunos aspectos importantes: influencia del movimiento de las aguas y de la tectónica en la distribución de los sedimentos; luego habla sobre la forma en que se depositan los sedimentos, incluyendo el importante aspecto de la sedimentación rítmica.

La influencia del movimiento del agua está presentada en gráficos, en los cuales se la relaciona con el grano de los sedimentos, con la velocidad de las corrientes y con la profundidad de las aguas. Sobre esta base, se separan tres tipos de cuencas, en las cuales hay una distinta distribución de los sedimentos: *a)* cuencas con mareas suaves y sin corrientes; *b)* cuencas con fuertes mareas y corrientes suaves, y *c)* cuencas con fuertes mareas y corrientes.

La actividad de las corrientes es muy importante, pues ella permite una mayor o menor acumulación de distintos tipos de sedimentos. En varios perfiles se muestran secuencias litológicas diferentes, y sobre esta base podemos inferir la actividad de las corrientes de intensidad variable.

Se nos introduce luego en el concepto de hiato, debido a las fuertes corrientes, que no sólo impiden la sedimentación, sino que pueden erodar el fondo. Se menciona el concepto de recesión de

Heim, que corresponde a un ciclo de sedimentación marina que se produce luego de un ciclo de erosión, pero que no va acompañado de la formación de tierra firme, o sea que no hay movimientos tectónicos ascensionales.

La distribución geográfica de los sedimentos se debe principalmente a los movimientos tectónicos que producen las trasgresiones, los geosinclinales, las cadenas montañosas, y con ello, los cambios de las redes fluviales. Se mencionan dos tipos de movimientos tectónicos: los uniformantes de las irregularidades geográficas por un proceso sedimentario de mucha duración sin interrupciones, y los que disturban la uniformidad de un proceso sedimentario. Estos últimos muchas veces se producen bruscamente.

La velocidad de acumulación de los sedimentos se debe —según el autor—, primero, a la cantidad de material traído de los continentes (en general, por ríos de caudal grande); luego, al transporte del material debido a las mareas y corrientes, y finalmente, a los movimientos tectónicos.

El espesor de un conjunto de estratos no indica realmente la profundidad de una cuenca sedimentaria. En la práctica —como se demuestra en interesantes perfiles—, espesores relativamente grandes pueden estar depositados superponiéndose en planos inclinados en cuencas de una profundidad menor a la que reflejan las cifras que nos dan el espesor sedimentario.

En el párrafo siguiente, Nalivkin habla de las trasgresiones. Adhiere a la hipótesis de que las trasgresiones son debidas a los desplazamientos, ascensos o descensos de las grandes masas continentales, y no al ascenso o descenso de las aguas oceánicas. Para cuencas cerradas, las trasgresiones se deben al cambio del caudal de las fuentes de alimentación. La marcada estratificación de las capas formadas durante una trasgresión, indica que ésta se realiza con interrupciones, dando lugar a la compactación de los sectores superiores de ellas, que luego pasarán a ser planos de estratificación. En las etapas de bruscos descensos, se originan las ingresiones marinas, que forman parte de un ciclo trasgresivo. Las ingresiones se caracterizan porque no hay destrucción de las rocas sobre las cuales se depositan los sedimentos. Una trasgresión, en cambio, es un proceso amplio, que se produce con la invasión de una gran masa líquida sobre un continente, debido a la subsidencia de éste. Durante esta invasión, se erodan los sedimentos costeros, y luego se redepositan a distintas profundidades que el mar va

alcanzando. En aquellos lugares donde el mar encuentra una depresión, las aguas invaden rápidamente el relieve hundido, casi sin erodar las rocas subyacentes, y van acumulando sedimentos que se denominan de tipo ingresivo. La ingresión, pues, es un proceso aislado dentro de la trasgresión.

Se habla luego de la diferenciación sedimentaria, partiendo de una ley propuesta por L. V. Pustovalov (1940), que dice: cada roca sedimentaria representa el producto de la diferenciación de las sustancias que componían las rocas más primitivas. Según las fuerzas que actúan para la disgregación de una roca, puede haber diferenciación mecánica y diferenciación química.

Con mayor extensión se discute el concepto de geosinclinal, que se define como área donde se produce una intensa deposición de sedimentos, y que posteriormente se convierte en una región de montañas plegadas. La historia de los geosinclinales abarca tres ciclos: *a)* acumulación de sedimentos; *b)* formación de montañas plegadas, y *c)* denudación de estas montañas.

En la zona de la plataforma continental y su pendiente (unda y clino) es donde se produce una mayor acumulación de sedimentos. Su ancho alcanza a ser de 300 kilómetros, aproximadamente. Nalivkin demuestra que es erróneo pensar que las áreas de mayor sedimentación se hallan en las regiones abisales o en las partes más profundas de las cuencas.

La forma de los geosinclinales en perfil corresponde generalmente a una estructura monoclinal (o bien son casi horizontales). Se descartan los clásicos perfiles de Haug, que muestran a los geosinclinales como verdaderas estructuras sinclinales que acumulan en su fondo los mayores espesores sedimentarios. Esta forma sinclinal puede encontrarse en cuencas cerradas; pero aun en ellas, los mayores espesores de sedimentos se depositan en las regiones costaneras. En opinión del autor, es más correcto denominar a estas áreas de sedimentación como "geomonoclinales", ya que este término refleja mejor los rasgos morfológicos.

Los geosinclinales suelen ser alargados, con un ancho que varía desde los 20-30 hasta 200-300 kilómetros. Este ancho se amplía considerablemente, cuando la zona de acumulación de sedimentos tiene islas, o las costas presentan contornos muy irregulares. Las áreas más extensas se encuentran en los archipiélagos.

Una característica importante de los sedimentos de las áreas

geosinclinales es la dominancia de facies de mares poco profundos, y también la abundancia de facies lacustres.

Dentro de los geosinclinales se diferencian tres zonas de sedimentación (cinturones o fajas): *a*) elevaciones internas (mal llamadas geoanticlinales) o cordilleras submarinas; *b*) pequeñas elevaciones internas, ubicadas entre las cordilleras, paralelas entre sí, y *c*) los "fore-deep" o "Vortiefe", inflexiones negativas de origen tectónico, que se forman al pie de las grandes elevaciones, y en las cuales los sedimentos depositados están en continua y lenta subsidencia. En estas últimas zonas se pueden acumular espesores de más de 10.000 metros. Las molasas de los Alpes son un ejemplo.

Hay algunos complejos de facies (servias y nimias) que son exclusivos de las áreas geosinclinales. Se destacan los macizos de arrecifes, los conos volcánicos y los depósitos de pie de monte (conos de deyección, molasas y flish).

Los geosinclinales pueden tener límites definidos o no.

La elevación de una cordillera (causas tectónicas) permite generalmente la acumulación de sedimentos en sus cercanías, sedimentos que tienen sus rasgos típicos. A la inversa, el hallazgo de poderosas secciones sedimentarias con estos rasgos, permite inferir la existencia de cordilleras en las cercanías, aun si éstas han sido completamente erodadas. La sedimentación que se efectúa en estas áreas cercanas, puede producirse durante la formación de las montañas, o sea en el ciclo orogénico correspondiente. Por ello, no siempre los hiatos o las discordancias delimitan los ciclos orogénicos, sino que muchas veces, espesores considerables de areniscas y conglomerados que pueden subsistir luego del proceso erosivo posterior, deben ser tomados como el límite inferior de estos ciclos orogénicos.

Estos conceptos pueden ser aplicados tanto a geosinclinales marinos como a los geosinclinales continentales, en los cuales también existen las áreas cercanas de acumulación, con los "fore deep", en los cuales, los espesores de sedimentos alcanzan a tener de 5000 a 6000 metros.

El proceso de formación de los geosinclinales nos demuestra que la corteza terrestre está en continua evolución, y que las áreas que en ciertos períodos geológicos están cubiertas por las aguas oceánicas, pueden convertirse posteriormente en zonas positivas continentales. Se menciona el ejemplo de los Urales, actualmente montañas continentales, y que durante el paleozoico constituían una zona



geosinclinal de considerable extensión (fase acumulación de sedimentos); al final del paleozoico y en el mesozoico comienzan los plegamientos (segunda fase). Actualmente, los Urales están en su tercera fase, la erosión. El caso contrario está dado por el que fue continente Africano-Indo-Australiano, que durante el paleozoico y gran parte del mesozoico constituyó una zona positiva con algunos vestigios de trasgresiones temporarias, y que hacia el cretácico comienza a separarse y en parte a hundirse, dando origen al océano Índico, con las correspondientes regiones geosinclinales, que están actualmente en su primera fase (acumulación de sedimentos).

Con respecto al nivel del océano mundial, el autor adhiere a la hipótesis de que las trasgresiones y las regresiones se deben primordialmente al ascenso y al descenso de las masas continentales, y que el nivel de las aguas cambia muy poco, alcanzando a lo sumo desniveles del orden de los 100-120 metros (como en el caso de la última glaciación cuartaria).

Los movimientos de los continentes están ligados a la formación de los geosinclinales. Hay dos tipos de desplazamientos: los verticales y los horizontales. Los movimientos verticales de ascenso y descenso, tienen una amplitud de miles de metros, y generalmente son movimientos de grandes bloques. Estos movimientos caracterizan la primera fase de los geosinclinales. Los movimientos horizontales, en cambio, caracterizan la segunda fase, con la formación de las montañas por plegamiento. Aquí, el autor describe someramente algunos típicos movimientos horizontales que han originado cadenas montañosas plegadas.

Se indica que la construcción asimétrica de los geosinclinales y la distribución de las zonas plegadas que rodean las antiguas masas continentales, demuestran la existencia de movimientos horizontales; por la forma de los arcos de los geosinclinales se puede deducir la dirección y la duración de esos movimientos. Menciona que el tipo de desplazamiento de grandes masas continentales tal como lo ha presentado Wegener, es inconsistente; pero no aporta ningún dato concreto, limitándose a remitir al lector a otros trabajos sobre el tema.

Las causas de estos movimientos, para Nalivkin, aún no están claramente establecidas. Pueden ser debidos a la influencia de cuerpos celestes (como se comprueba en el caso de las mareas), o bien a la rotación de la tierra.

Se pasa a continuación al estudio de las formas de acumulación de los sedimentos. Se analiza el tipo más común, representado por un fondo marino de suave pendiente. Se presentan tres casos posibles: *a)* los sedimentos se depositan uniformemente en toda la extensión; *b)* los sedimentos se depositan principalmente lejos de la costa, y *c)* los sedimentos se depositan cerca de la costa. Este último es el caso más común, según Nalivkin. Se puede presentar otro caso, que es el de la acumulación de sedimentos en una costa muy abrupta y de pendiente pronunciada. Todos estos casos están ejemplificados en algunos perfiles.

Se señalan, asimismo, las diferentes formas de revestimiento, cuando los sedimentos recubren estructuras salientes o hundidas, formando falsos anticlinales y sinclinales. Esta parte se discute detalladamente, aportándose interesantes conclusiones, basadas en estudios experimentales realizados en laboratorios.

Finalmente, se consideran las formas sedimentarias producidas por ascensos o descensos de islas aisladas de los continentes, las que en algunos casos pueden sufrir complicaciones por causas tectónicas, dando como resultado estructuras anticlinales.

La parte siguiente de este capítulo trata sobre estratificación.

Se define la *estratificación* como una propiedad de los depósitos sedimentarios, por la cual éstos se dividen en estratos. *Estrato* se define como una subdivisión de los depósitos sedimentarios, delimitado abajo y arriba por sendas superficies de estratificación. La composición litológica del estrato puede cambiar en extensión, o puede mantenerse uniforme.

*Superficie de estratificación* es un plano formado por la compactación de la superficie de un estrato. Estas superficies pueden ser paralelas, oblicuas, definidas, poco definidas o indefinidas, regulares o no. Debido a ello, la estratificación puede ser normal, oblicua, marcada, visible, poco visible o no visible. Cuando falta, las rocas se vuelven masivas.

Pasa luego a definir algunos conceptos ligados con los estratos.

*Manto* (capa, en ruso "plast"), es un estrato con una composición litológica uniforme en toda su extensión. Se aplica generalmente para estratos constituidos por rocas de aplicación: manto carbonoso, etc.

*Lámina* (en ruso, "prosloi") se usa en dos sentidos: *a)* como estrato de pequeño espesor, comparado con otros integrantes del mismo conjunto de estratos, y *b)* para indicar sectores indefinidos

que tienen cierta diferencia en la composición litológica dentro de un mismo estrato. Aquí se incluye lo que el autor denomina *láminas interestratificadas*, que corresponden a delgados espesores que se forman sobre una superficie de estratificación durante la época en que cesa el aporte de material sedimentario. Están compuestas por delgadas láminas de mica, detritos vegetales, esqueletos de microorganismos o polvo atmosférico.

*Paquete* (traducción literal del término "pachka", en ruso; podría corresponder a un *miembro*, en el sentido de Ashley y otros). Son varios estratos de no mucho espesor, que pueden unificarse por algunas características comunes.

*Espesor* (traducción literal de la palabra "tolsha", en ruso; podría corresponder a una *formación*, en el sentido de Ashley y otros). Es un conjunto de estratos de espesor variable, cuya composición litológica tiene algo en común. Por ejemplo, un espesor carbonoso, un espesor arenoso, para los casos en que el carbón o las areniscas sean elementos característicos del conjunto de estratos.

*Serie* (en ruso, "svita") es un conjunto de estratos de espesor variable, que equivalen a una determinada época geológica. Se suelen dar nombres geográficos o litológicos, en el caso de haber un tipo de roca dominante en toda la sección.

*Ritmo* equivale a un paquete cuyos estratos se repiten rítmicamente, reproduciendo en forma aproximada la misma sucesión litológica.

*Facies* sería la diferenciación de los estratos en extensión.

Se incluye también la definición de *complejo litológico*, que es un conjunto homogéneo de estratos, depositado en edades distintas. Como ejemplo se citan los estratos basales de una trasgresión que sucesivamente va llegando a distintos lugares a medida que avanza, y deposita sedimentos basales homogéneos en épocas diferentes (la variación en tiempo, sin embargo, no debe ser muy grande).

Al analizar el origen de la estratificación, Nalivkin acepta en líneas generales los factores propuestos por Twenhofel (1936): 1) cambios estacionales; 2) cambios de tiempo; 3) cambios de corriente; 4) cambios climáticos; 5) variación en el nivel del mar; 6) deposición de sustancias coloidales; 7) crecimiento de organismos, y se agrega 8) movimientos del fondo oceánico.

El autor acepta el hecho de que la estratificación se debe principalmente a la actividad tectónica; pero no excluye otros factores

que llevan al mismo resultado, como el cambio de las condiciones climáticas y la acción de distintos organismos.

Al introducirnos en la sedimentación rítmica, habla primero de la estratificación bandeada o laminar. Éste es un tipo especial de estratificación, caracterizado por la repetición de capas delgadas de arcillas y areniscas que se suceden rítmicamente, y que corresponden a sedimentos depositados en las distintas estaciones de un año. Las areniscas corresponden a la época estival, y las arcillas, a la época invernal.

La acumulación rítmica de sedimentos, o sedimentación cíclica o ciclo de sedimentos, es la repetición de algunos grupos de estratos que reproducen en forma general una misma secuencia litológica.

Los *macrorritmos* se producen por movimientos de ascenso y descenso de las masas continentales, reconociéndose tres épocas: *a)* descenso (trasgresión); *b)* época estacionaria, y *c)* ascenso (regresión). Hay dos rasgos característicos de los macrorritmos: primero, la asimetría, ya que los estratos basales suelen tener mayor espesor que los cuspidales, porque el retroceso de las aguas se produce generalmente sobre una superficie casi plana, ya erosionada; y segundo, los estratos basales de diferentes lugares en una misma trasgresión suelen tener edad diferente, debido al tiempo que tarda una trasgresión en invadir todas las áreas de posterior sedimentación.

Los *mesorritmos* son comunes, y se encuentran en sedimentos de origen marino, lacustre y continental. Los espesores son menores, y no hay tanta asimetría. Los mesorritmos pueden observarse bien cuando hay capas guía que se repiten, como el carbón, por ejemplo.

Los *microrritmos* tienen espesores más pequeños, y son muy comunes. Los sedimentos varvados constituyen un ejemplo.

El estudio de los ritmos es muy importante para la estratigrafía, pues permite la comparación de perfiles cercanos, cuando no hay argumentos paleontológicos presentes.

Las causas de los macrorritmos y de muchos mesorritmos son de origen tectónico, mientras que las causas de los microrritmos y de algunos mesorritmos pueden ser debidas a cambios climáticos.

En el párrafo siguiente se trata la estratificación entrecruzada, estudiándose los siguientes tipos: *a)* eólica; *b)* de cursos temporarios de agua; *c)* fluvial; *d)* deltaica, y *e)* marina. Las ondulitas pueden tener origen: *a)* eólico; *b)* por corrientes de



agua; *c*) por oleaje o movimiento oscilatorio, y *d*) complejas, debidas a la acción de ciertas corrientes (lingoides, con forma de lengua).

Este capítulo termina con las deformaciones secundarias de la estratificación. Pueden ser de dos tipos: singenéticas (acaecidas durante la formación de los sedimentos) y epigenéticas (producidas luego de la formación de los sedimentos). Las causas del primer tipo se deben a deslizamientos subácueos, a la presión del hielo y al proceso de compactación. Las del segundo tipo se deben a los deslizamientos y derrumbes, a movimientos tectónicos, movimientos químicos y pliegues disarmónicos.

### CAPÍTULO III

#### *Indicios en los sedimentos*

Se estudian aquí, primero, las marcas presentes en la superficie de los sedimentos, separándolas en cuatro grupos: *a*) marcas que se forman en los sedimentos situados por encima de la superficie de las aguas del mar (grietas de disecación, marcas de lluvia y granizo); *b*) marcas que se producen en la zona de las mareas (líneas de resaca o *swash marks*, y los *rill marks*); *c*) marcas producidas a mayor profundidad que la alcanzada por las aguas en la bajamar (rastros de la fijación de vegetales y animales, y rastros dejados por objetos nadadores), y *d*) marcas formadas en diferentes condiciones (marcas de los cristales de hielo, sal y yeso; rastros de animales que se arrastran, y marcas de burbujas de gases).

Las marcas que pueden estar presentes en las superficies de los clastos se mencionan brevemente, siguiendo a L. Williams (1937).

Se habla luego de las concreciones, incluyendo las esferolitas, oolitas, pisolitas, estructura cono en cono y otras. Luego se describen las formas de relleno (geodas, venas, venillas, dendritas, etc.), las inclusiones y las estilolitas.

Al hablarse de la porosidad de los sedimentos, se discriminan dos tipos: la porosidad primaria, originada durante la formación del sedimento, y la porosidad secundaria, originada luego de la formación del sedimento (en relieves cársticos, rajaduras por compactación, rajaduras debidas a movimientos tectónicos, etc.).

Finaliza el capítulo con consideraciones sobre la plasticidad, fractura, brillo y color de los sedimentos. Este último aspecto es



tratado con detalle, estudiándose los casos de coloraciones primarias y secundarias.

## CAPÍTULO IV

### *Tipos fundamentales de sedimentos*

El objeto de este capítulo es el de recapitular brevemente sobre los tipos principales de rocas sedimentarias, desde un punto de vista petrográfico.

Se presentan dos cuadros clasificatorios (de F. Levinson-Les-sin, 1933, y de Pustovalov, 1940). Con más detalle se detiene Nalivkin en las clasificaciones granulométricas de distintos autores (M. V. Klenova, 1930; S. A. Iakovlev, 1931; L. V. Pustovalov, 1935; A. N. Zavaritski, 1932; Thoulet, 1912; Cayeux, 1929; Crook, 1913; Hatch and Rastall, 1923; Boswell, 1918; Trask, 1932; Wentworth, 1922, y Nalivkin, 1953).

Finalmente, se reseñan las principales características de las brechas, conglomerados, areniscas, arcillas, carbonatos (calizas, calcáreos dolomíticos y margas) y rocas silíceas (ópalos, diatomitas, tripoli, radiolaritas, spongiolitas, etc.).

## CAPÍTULO V

### *Formación mar*

Se comienza este capítulo con el estudio de las tres zonas en que puede ser dividido el fondo marino: *a*) plataforma continental, hasta la profundidad de 200 metros; *b*) zona de pendiente continental, desde los 200 hasta los 2000-3000 metros, y *c*) fondo oceánico. Como se ve, corresponde a las zonas que suelen denominarse costeras-neríticas, batiales y abisales, o bien zonas de unda, clino y fondo. Se incluyen luego datos estadísticos referentes a la superficie que cubren estas distintas zonas, siendo las más extensas aquellas que tienen profundidad media de 4000-5000 metros. Las menos extensas son las regiones que tienen de cero a 200 metros de profundidad. Las cifras traídas a colación se basan en estudios de O. Krümmel (1907-1911) y P. H. Kuenen (1950). Se caracterizan brevemente estas tres zonas.

Luego de analizar algunas clasificaciones de sedimentos marinos, Nalivkin propone el siguiente esquema:

## Subdivisiones de las cuencas marinas

### *NIMIA Plataforma continental abierta.*

**Servias:** costa plana, costa montañosa, valle submarino, elevación submarina, estrecho abierto, isla, zona de sedimentación glaciaria y glaciaria, zona de sedimentos eólico-marinos, zona de sedimentos pseudoabisales.

### *NIMIA Plataforma continental cerrada.*

**Servias:** golfo y fjord, estuario, estrecho cerrado, watt, manglares, depresión fangosa, cuenca de aguas estancadas.

### *NIMIA Región de lagunas.*

**Servias:** laguna, liman, laguna costera, takir (runn) costanero, turbera y pantano costanero, laguna sapropélica, laguna ferrisialítica, flecha.

### *NIMIA Mar epicontinental.*

### *NIMIA Mar interior.*

### *NIMIA Archipiélago.*

### *NIMIA Región de arrecifes.*

### *NIMIA Zona batial.*

### *NIMIA Zona abisal.*

A continuación se realiza el estudio detallado de todas las nimias. En la nimia Plataforma continental abierta, servía costa plana, se estudian numerosos tipos de facies: terrígenas (rocosa y pedregosa, conglomerádica y arenosa, aleurítica, fangosa, arenas glauconíticas y arcillas), facies de carbonatos (fangos calcáreos y arenosos, arenas y fangos de foraminíferos, facies de arrecifes y oncoides, facies de calizas estratificadas originadas por la acción de organismos integrantes de arrecifes, calcáreos conchíferos, calcáreos de equinodermos, facies de calcáreos de trilobites y ostrácodos, facies de detritos calcáreos y facies de calcáreos mudos, sin restos determinables de organismos).

En la servía costa montañosa se estudian las facies rocosa, pedregosa, arenosa, conglomerádica, aleurítica, fangosa, facies de fangos calcáreos, arrecifes y conchales.

Luego del estudio de la nimia archipiélago, se detiene especialmente en los tipos de faunas presentes en las facies terrígenas de los mares actuales. Los ejemplos que se estudian, corresponden al mar Mediterráneo (golfo de Lyon, cerca de los Pirineos), océano Atlántico (La Mancha, costa francesa) y mar Negro (aquí se dan

interesantes consideraciones sobre las distintas biocenosis presentes en las diferentes facies).

Con detalle se estudia la nimia región de arrecifes, tratando preferentemente los arrecifes de coral separados en cuatro gupos: costaneros, en barrera, atolones y arrecifes elevados. Se discuten las diferentes teorías de la formación de los arrecifes. Se complementa esta parte con numerosos ejemplos de arrecifes actuales y fósiles.

Es interesante señalar que el método de trabajo que utiliza Nalivkin conduce a la deducción de todas las facies del pasado geológico estudiando detalladamente las facies actuales. Esta imposición metódica se observa claramente en cada capítulo. Siempre se describen las nimias, servias y facies actuales, e inmediatamente se describen las facies del pasado. En el capítulo que acabamos de analizar, se estudian prolijamente las características litológicas de cada facies, y a la par, las características paleontológicas (o zoológicas y botánicas).

## TOMO II — CAPÍTULO PRIMERO

### *Formación continente*

Los sedimentos continentales suelen tener espesores más reducidos que los marinos, debido a que las cuencas de sedimentación necesariamente tienen dimensiones más reducidas. Algunas nimias están íntimamente ligadas con la formación mar: nimia delta y nimia planicie costanera. Las nimias más importantes son la desértica, penillanura y cordón montañoso.

Se comienza con la descripción de algunas servias que son comunes a todas o gran parte de las nimias continentales.

*Servia lagos.* Se acepta la clasificación genética de los lagos en tres tipos fundamentales: lagos de montaña, de llanura y costaneros.

Entre los rasgos característicos de los sedimentos lacustres, se consideran: 1) faunas de agua dulce; 2) extensión limitada al área que ocupaban los lagos; 3) estratificación normal visible, fina; a veces, presencia de estratificación entrecruzada; 4) espesor que no sobrepasa en general algunas decenas de metros; 5) dominancia de arcillas a menudo margosas, y 6) distribución zonal de los sedimentos en los lagos grandes.

Los tipos de sedimentos lacustres se separan en clásticos, químicos y organógenos.

*Servia pantano.* Está íntimamente ligada con la servia lago. Se consideran tres tipos de pantanos: costeros, deltaicos y de llanura. Suelen agregarse por otros autores los pantanos de zonas tropicales y de alta montaña. Los pantanos se caracterizan por la presencia de sedimentos carbonosos y capas de turba y carbón. Como no hay casi movimiento del agua, faltan los sedimentos arenosos y conglomerádicos. Las arcillas llegan a depositarse casi hasta los bordes de los pantanos. Desde el punto de vista económico tiene importancia el estudio de esta servia, ya que en ella suelen presentarse concentraciones de diferentes metales: hierro, cobre, plomo, zinc, níquel, cobalto.

*Servia lago salobre y salinas.* Se subdividen en dos tipos: con caudal continuo de agua y con aporte temporario de agua. Cuando cesa el aporte del agua, las lagunas salobres se convierten en salares, y éstos, con el tiempo, en desiertos arenosos y estepas.

*Servia valle fluvial.* Se mencionan las siguientes características de los sedimentos fluviales: 1) presencia de fauna de agua dulce; 2) distribución en franjas alargadas y sinuosas que suelen insertarse en estratos subyacentes; 3) estratificación irregular y entrecruzada; 4) espesor de pocas decenas de metros; 5) dominancia de arenas; 6) variaciones bruscas en extensión y espesor: numerosos bolsones y lentes. En base al tipo de estratificación y composición litológica, los sedimentos fluviales se separan en tres tipos: a) sedimentos del cauce fluvial; b) sedimentos del valle fluvial, y c) sedimentos de las crecientes fluviales (cuando en las regiones planas el río inunda vastas zonas).

Se estudian luego las servias *curso temporario de agua, volcán y volcán de barro.*

*Servia duna.* Presente en las nimias llanura costanera, valle fluvial y lago. Está íntimamente asociada con la nimia plataforma continental abierta de la formación mar. Se estudian las dunas de costas marinas, fluviales y lacustres.

Finalmente, se estudian las servias *región cárstica* (y grutas) y conos de areniscas. Este último tipo se conoce sólo al estado fósil. Son grandes conos con dominancia de areniscas, que constituyen un 93 por ciento. Faltan las arcillas, por lo cual no se puede asimilar esta servia a los conos de deyección.

Seguidamente se pasa al estudio de las nimias continentales.

*Nimia delta*: servias valle fluvial, lago, pantano, lago salobre, zona de dunas.

Los sedimentos deltaicos se separan en tres tipos: a) superficiales; b) de pendiente, y c) de fondo.

*Nimia llanura costanera*. Está íntimamente ligada con los deltas. Puede haber intercalaciones de sedimentos marinos, ya que bastan leves movimientos de descenso para que estas nimias queden inundadas por las aguas marinas. Los tipos litológicos comunes son las arenas, areniscas, areniscas arcillosas, arcillas. También hay conglomerados y brechas, margas, dolomitas y calizas asociadas con yeso y otras sales. El espesor puede llegar a ser considerable. La estratificación es en general regular, en parte entrecruzada, o bien puede faltar. Faltan en general restos orgánicos, exceptuando algunos sectores o bolsones, donde pueden acumularse esqueletos de vertebrados asociados con filópodos y moluscos de agua dulce. Más raramente hay plantas y moluscos terrestres. Muchos sedimentos de coloración roja están ligados con esta nimia. El color es debido a óxidos de hierro que integran el cemento, o bien recubren los granos de arenas y areniscas. Con detalle se analizan los depósitos rojos del pérmico de Rusia y del Paleozoico superior de África del Sur.

*Nimia desierto*. Está tratada con mucho detalle. Primero se mencionan las características climáticas: 1) deposición insignificante de sedimentos atmosféricos (150/200 mm. por año); 2) largos períodos sin lluvias; 3) marcadas diferencias de temperatura, y 4) vientos muy fuertes. Estos cuatro factores climáticos conducen a las siguientes características: 5) falta de una red de drenaje constante (presencia de grandes ríos que cruzan los desiertos sin tener tributarios); 6) aguas subterráneas a gran profundidad, generalmente; 7) procesos peculiares de intemperización y formación de suelos, con una intensa desintegración de las rocas madres; 8) fauna y flora, si bien puede ser abundante y diversificada, nunca lo es tanto como en las regiones lluviosas templadas y tropicales; 9) no hay casi población humana, restringida a las orillas de los ríos y en los oasis.

En general, se aceptan los siguientes tipos de desiertos: 1) desierto rocoso; 2) región desértica con cursos temporarios de agua y cuencas someras; 3) regiones desérticas con arenas de origen eólico, y 4) semidesiertos.



Luego se efectúa un detallado estudio de los desiertos de Asia Central, aceptándose los siguientes tipos: 1) desiertos rocosos; 2) desiertos arenosos; 3) desiertos montañosos; 4) los takir y los shor; (1) 5) desierto pedregoso-arcilloso; 6) lomadas y llanuras loésicas; 7) semidesiertos; 8) valles de los cursos inferiores de grandes ríos; 9) deltas de ríos; 10) cuencas de base (cerradas, sin desagüe), de agua dulce, salobre o muy salada; 11) lagos secundarios de llanura, muy salados; 12) lagunas muy saladas, lagos costaneros y solonchaks, y 13) costas marinas.

Cita algunos ejemplos, deteniéndose especialmente en el desierto de Karroo, de África del Sur (triásico).

*Nimia pie de monte.* Se caracteriza por espesores de 200-300 metros de conglomerados y areniscas. Tiene mucha importancia, porque evidencia la formación de cadenas montañosas. Los grandes espesores de sedimentos de esta nimia se deben a la formación de inflexiones negativas (fore-deep) que están en continua subsidencia.

Luego, Nalivkin define los términos molasse y flish. Molasse (moladas) son depósitos de pie de monte de las altas cadenas montañosas, cubiertas por nieves eternas y glaciares. Flish es un depósito que se forma algo más alejado de las cadenas montañosas. Aclara que los geólogos soviéticos caracterizan al flish como potentes espesores de areniscas calcáreas de grano fino y sedimentación rítmica, margas, calizas y argilitas. Tienen amplia distribución geográfica y estratigráfica, y son sincrónicas con las épocas de plegamiento. Es característica la estratificación fina y regular en grandes extensiones. En partes se observa estratificación entrecruzada e irregular.

El flish es un ejemplo de un complejo paleogeográfico de facies que se manifiesta en épocas de plegamiento.

*Nimia cordón montañoso.* Se estudian los diferentes tipos de sedimentos: a) sedimentos de glaciares de montañas; b) fluvio-glaciales; c) fluviales; d) conos de deyección; e) lacustres; f) eólicos, y g) derrumbes y deslizamientos.

*Nimia penillanura.* Los tipos de sedimentos que se describen en esta parte, son: a) sedimentos de glaciares continentales; b) fluvio-glaciales; c) fluviales; d) lacustres; e) desliza-

(1) *Takir*, cuencas desérticas con fondo arcilloso; *shor* (oror), cuencas desérticas con fondo poroso, yesífero.

mientos; f) eluviales y deluviales; g) eólicos, y h) costra de meteorización.

Describe ejemplos de glaciares paleozoicos, en especial de la glaciación Dwyka, de África del Sur (paleozoica).

## CAPÍTULO II

### *Indicaciones metodológicas para la determinación de las condiciones en que se forman los sedimentos*

Para poder determinar las condiciones en que se forman los sedimentos, pueden presentarse dos casos: a) presencia del objeto en estudio, y b) ausencia del objeto en estudio.

Los indicios de que disponemos son de carácter litológico y paleontológico.

Los indicios litológicos que hay que tomar en cuenta, son: 1) forma y tamaño de los granos y clastos que constituyen las rocas; 2) composición mineralógica y petrográfica; 3) color; 4) estratificación y ritmo; 5) marcas superficiales; 6) espesor; 7) forma del cuerpo; 8) concreciones e inclusiones; 9) estructura y textura. Los indicios paleontológicos, son: 10) componente faunístico; 11) componente florístico; 12) forma de vida de los animales (y vegetales); 13) conservación de los restos orgánicos; 14) distribución de los restos orgánicos; 15) relaciones entre los distintos grupos. También hay que tener presente: 16) variación de los sedimentos en extensión; 17) relaciones con los sedimentos laterales; 18) relaciones con los sedimentos supra e infrayacentes.

Cuando queremos determinar las condiciones de formación de un sedimento por el estudio de muestras, nos encontramos frente a dos posibles casos: a) se conoce la exacta procedencia geológica de la muestra (del estrato de donde fue extraída, su espesor, cambios laterales, etc.), y b) casos en que no se conoce la procedencia de la muestra, o bien sólo su ubicación geográfica. Este caso no permite una determinación precisa de las condiciones de formación.

Se trata a continuación la diferenciación de los sedimentos marinos de los continentales. El autor considera importante este problema, que parece elemental, pero que en muchos casos ha llevado a conclusiones erróneas. Dice Nalivkin, que es común asignar a una serie origen marino por la presencia de algunos niveles con

fósiles marinos, especialmente en sectores superiores. Estas series pueden ser eminentemente continentales (depositadas en llanuras costaneras) que han tenido en distintas oportunidades trasgresiones marinas. El indicio principal de un sedimento marino es la presencia de faunas marinas en los estratos más conspicuos de una serie. No puede ser de origen marino un sedimento de varias decenas de metros de espesor, de amplia distribución geográfica, sin fósiles marinos. Para el autor, no hay excepciones. Tampoco puede asignarse con certeza un origen marino a un sedimento que tiene unos pocos restos de foraminíferos, ostrácodos y diatomeas. Estos organismos en pequeña cantidad pueden ser hallados en sedimentos continentales por el transporte de los vientos.

Se continúa con el estudio de los espesores basales (estratos de base de una serie). Nalivkin llama la atención sobre el hecho de que generalmente se considera que las capas basales de una trasgresión marina han de tener un origen marino. A este respecto, recuerda que en el desarrollo de un macrorritmo se pueden establecer sucesivamente las siguientes épocas: 1) denudación de un relieve continental (no hay sedimentación); 2) época de llanura costanera (sedimentos terrestres, fluviales y lacustres; dominancia de areniscas, arcillas, con presencia de mantos carbonosos); 3) época de costa (influencia de las mareas; areniscas, conglomerados, restos de troncos y conchillas rotas; poco espesor); 4) época de aguas marinas poco profundas (areniscas e intercalaciones arcillosas y calcáreas; organismos marinos que reptan o se entierran), y 5) época de acumulación de sedimentos arcillosos y carbonatos. Con esta época finaliza una trasgresión. En los casos en que las costas son rocosas (acantilados), la segunda época puede estar ausente.

Se pasa luego a la determinación de la profundidad del mar. Se pueden separar tres grupos de indicios: 1) paleogeográficos; 2) litológicos, y 3) paleontológicos.

En el primer caso hay que averiguar: 1) si la cuenca estudiada está dentro de un área geosinclinal marina o continental; 2) en qué sector de estas áreas está ubicada la cuenca, y 3) qué representa aquel mar en el cual está incluida la cuenca en estudio.

En el segundo caso hay que estudiar: 1) forma, espesor y extensión de los estratos; 2) forma, tamaño y distribución de los clastos; 3) composición mineralógica, y 4) concreciones e inclusiones.

En el tercer caso hay que considerar: 1) estructura de los organismos con conchas (compacidad, esculturaciones, etc.), y 2) forma de vida de los diferentes grupos.

Las determinaciones de los climas se rigen por un plan similar al expuesto en las líneas precedentes. La composición de las faunas permite determinar, por otra parte, la salinidad de las aguas.

Finaliza el capítulo con la determinación de los llamados objetos ausentes, o sea aquellos que han existido, pero que posteriormente fueron eliminados por erosión. Se pueden inferir las cadenas montañosas y las elevaciones de distinto grado, con sus redes fluviales, alturas, posición geográfica aproximada, edad y aun la composición petrográfica de estos relieves.

### CONSIDERACIONES FINALES

Luego de haber presentado este análisis, es interesante señalar algunos aspectos importantes que surgen de la lectura de esta obra.

El estudio de las facies constituye una disciplina básica dentro del campo que abarca la geología. El especialista que aborda este tema, debe poseer sólidos conocimientos de geomorfología, petrografía y paleontología, aparte de tener una buena preparación geológica. En sentido general, el estudio de las facies, tal como lo presenta Nalivkin, constituye una introducción a la estratigrafía (similar a los *Principles of stratigraphy* de Dunbar y Rodgers, 1957).

La paleontología en el estudio de las facies trasciende su aspecto meramente biológico, y se constituye en un elemento primordial dentro de una disciplina de eminente carácter geológico. Los fósiles permiten reconstruir e identificar los distintos ambientes de sedimentación, indicándonos su origen. Es también importante el estudio de la conservación del material paleontológico (proceso de fosilización). Hay que señalar también que para la comprensión de las facies es importante tratar con "asociaciones" faunísticas o florísticas, evitando en lo posible basar conclusiones en la determinación de una o pocas especies, prescindiendo de otras que las acompañen.

El estudio de las facies requiere un detallado trabajo de campo, para poder llevar al laboratorio muestras acompañadas de un prolijo examen del estrato y de las facies respectivas. Luego del estudio superficial de un afloramiento, se debe practicar una determinada cantidad de perforaciones, para poder delimitar la extensión,

los espesores y la variabilidad de los estratos y facies de las cuencas sedimentarias que interesen.

Un aspecto importante de la obra de Nalivkin es la continua comparación de las condiciones de acumulación de sedimentos en la actualidad y en el pasado geológico, con el correspondiente análisis de las biocenosis (y tanatocenosis).

Las fuentes bibliográficas de esta obra son numerosas y diversas. El autor, si bien en la mayor parte de los casos se refiere a ejemplos relacionados con la geología regional de la U.R.S.S., no prescinde de referencias concretas procedentes de otros países. Prácticamente abarca todo el mundo (en dos oportunidades cita y discute trabajos de geólogos argentinos). Este aspecto hace que el *Estudio sobre facies* escape de ser un trabajo de interés local, proyectándose al campo internacional.

Por todos estos factores, tanto las consideraciones generales como el sistema clasificatorio de las facies propuesto por Nalivkin en su obra, merecen la atención de todos los estudiosos de las ciencias geológicas.



## COMENTARIOS BIBLIOGRAFICOS

BOUREAU, E. I, 1954; II, 1956; III, 1957. *Anatomie végétale. L'appareil végétatif des Phanérogames*. Collection Euclide. Presses Universitaires de France.

La publicación de esta obra responde a un propósito bien definido, que es el de establecer —como ya lo anticipa el profesor Heim en el prólogo— una colaboración nueva a la Sistemática y a la Anatomía, teniendo en cuenta el carácter esencialmente comparativo de esta última. A este fin tienden todos los esfuerzos del autor, que pertenece al Laboratorio de Anatomía Comparada de los vegetales vivos y fósiles del Museo de Historia Natural de París, para tratar con base anatómica de establecer la filogenia de los grandes grupos y el aislamiento más exacto de los géneros.

La obra comprende tres tomos. El primero, con cinco capítulos, estudia la célula vegetal con especial referencia a la pared, los tejidos, el desarrollo del aparato conductor en las plántulas de las fanerógamas, con una detallada discusión de la zona de transición, la estructura de la planta adulta y la anatomía de la hoja. La falta de una discusión previa sobre el concepto de diferenciación y del término permanente, hace que la clasificación de los tejidos sea en cierto modo heterogénea y más o menos arbitraria. Hubiera sido también provechosa la inclusión de algunos de los nuevos métodos utilizados en la dilucidación de la naturaleza morfológica de ciertas estructuras.

El tomo segundo incluye los capítulos sexto y séptimo, que tratan de las formaciones secundarias del aparato conductor y el cambium vascular, como así también el estudio del xilema secundario de las coníferas vivientes y fósiles. Falta claridad en ciertos conceptos, especialmente en el que se refiere a campos de puntuaciones primarias.

Los dos restantes capítulos, octavo y noveno, integran el tomo tercero, que incluye el estudio del xilema secundario de las dicotiledóneas vivientes y fósiles con estructura normal o anómala, y el aparato vegetativo de las monocotiledóneas vivientes y fósiles. La acumulación de datos le permite establecer el polifiletismo de las dicotiledóneas, ya que caracteres primitivos se encuentran en especies pertenecientes a grupos muy diversos.

Cada capítulo se encuentra adecuadamente ilustrado, y acompañado por una extensa bibliografía. Aparte la falta de uniformidad en el uso de ciertos términos, membrana y pared celular, floema y liber, la principal objeción —que, por otra parte, ya había sido prevista en el prólogo— es la desigual extensión dada a los diferentes temas, que ha producido una obra híbrida, en parte utilizable como texto, y en parte, como libro de consulta.

V. García.

HARRINGTON, H. J., Y A. F. LEANZA. 1957. *Ordovician trilobites of Argentina*. Department of Geology, University of Kansas. Special Publication 1. University of Kansas Press, Lawrence; 276 págs., 140 figs.

El Departamento de Geología de la Universidad de Kansas, ha dado a conocer, en *Publicación Especial*, el resultado de los estudios realizados en nuestro país, por dos destacados investigadores argentinos.

Constituye esta obra, un sobresaliente aporte al conocimiento de las formaciones ordovícicas en Argentina, y sus faunas de Trilobites.

La publicación que se comenta, consta de dos partes principales. La primera parte, realizada por el doctor Harrington, está dedicada a la Estratigrafía ordovícica. Subdivide los afloramientos ordovícicos argentinos, en tres regiones principales: 1) Cordillera Oriental y Sierras Sabandinas; 2) Sierra de Famatina; 3) Precordillera de Argentina Occidental.

El autor describe separadamente aquellas secciones que fundamentalmente contribuyen a establecer la sucesión estratigráfica general y a esclarecer la secuencia verdadera de las faunas de Trilobites.

El examen de las colecciones ha permitido al doctor Harrington, distinguir asociaciones de fósiles, reconociendo sucesiones faunales, que integran nuevas unidades bioestratigráficas.

En varios cuadros sintetiza sus conclusiones respecto a distribución zonal de los fósiles, edad relativa y correlación de las diferentes formaciones locales.

Cierra el capítulo un bosquejo de las condiciones ambientales que debieron de existir durante el desarrollo del ciclo sedimentario ordovícico.

La información paleontológica es provista en la segunda parte de la obra, en la cual la riqueza fosilífera de los estratos ordovícicos argentinos es presentada por los doctores Harrington y Leanza.

Los autores realizan la descripción sistemática de la fauna de Trilobites del Tremadociano al Caradociano. El número total de especies descritas es de 124, de las cuales, 70 integran especies nuevas para la ciencia. Además, se proponen como entidades taxonómicas nuevas, 26 géneros y 2 familias.

Las descripciones son detalladas y minuciosas; las especies están profusamente ilustradas, y sus reconstrucciones, muy bien logradas.

Con la inclusión de una parte gráfica de mapas departamentales, señalando la posición geográfica de las localidades fosilíferas y la lista de fósiles identificados de cada sección estudiada, ordenados por localidades, con indicación de edad y litología, se brinda una densa y útil información.

El material tipo ha quedado depositado en las colecciones del Departamento de Geología de la Universidad de Buenos Aires.

Esta obra es, sin duda, la más completa y autorizada que se ha publicado hasta el presente sobre el Ordovícico argentino, constituyendo un valioso elemento de orientación y consulta.

Su lectura es altamente recomendable, tanto al paleontólogo, por el novedoso aporte y puesta al día de los Trilobites que integran el elenco faunístico, como al geólogo interesado en problemas de Estratigrafía, pues actualiza la interpretación del ordovícico en la Argentina sobre la base de las faunas descubiertas. Asimismo, será de utilidad al estudiante universitario iniciado en las disciplinas geológicas.

H. A. Castellaro.

PONTECORVO, G. 1958. *Trends in genetical analysis*. I-XII, 1-146. Columbia University Press. New York.

El profesor de la Universidad de Glasgow, G. Pontecorvo, es autor de este libro estimulante, en el que pone al día y amplía su concepto de gene, que a partir de 1955 ha expuesto repetidamente en varios artículos. Formidable resulta al lector observar cómo las tendencias modernas del análisis genético han hecho variar, en el corto lapso de tres años, los conceptos de un mismo autor acerca de las unidades del material hereditario. Trabajos de reciente data de Muller, Beadle y Haldane han tratado de precisar dicho concepto, utilizando los últimos datos, obtenidos fundamentalmente del análisis de factores en bacterios y bacteriófagos, y del análisis fino de pseudoalelos en *Drosophila*. Se debe llamar la atención acerca de la pureza con que el autor considera cada uno de los criterios genéticos en que se basa el vapuleado concepto de gene, indicando cuáles son los trabajos de los autores arriba citados que más contribuyeron a aclarar y profundizarlo críticamente, y distinguiendo con pureza prístina las diferencias de concepto surgidas por simples divagaciones semánticas, de aquellas surgidas por interpretación de resultados experimentales.

Pero no es éste el único tema que trata el libro. El fenómeno de recombinación mitótica es también considerado, y se expresa con claridad la importancia del mismo en cultivos de tejidos de organismos superiores como una técnica valiosísima para aumentar el poder resolutivo del análisis genético en los mismos, donde el clásico método vía meiosis presenta dificultades en cuanto al análisis de poblaciones numerosas.

"Novel genetic systems", su sexto capítulo, menciona el ciclo parasexual de Ascomycetes, la lizogenización, la trasducción y recombinación en bacterios (fundamentalmente en *Escherichia coli*), puntualizando el empleo del ciclo parasexual en el análisis genómico de *fungi imperfecti*.

Párrafo aparte merecen los capítulos sobre alelismo y recombinación. Basándose en que en el análisis genético clásico se interpretan las recombinaciones ocurridas en una región "corta" en términos de intercambios simples o a lo sumo dobles, y los datos de ligamiento calculados en base a esa interpretación, dan por resultado el "hecho" de que la región es "corta", cerrando así un razonamiento cíclico; ataca esta evaluación de los datos de recombinación y el concepto primario de alelo en que ha descansado el análisis genético clásico, utilizando los datos de crossing-over intergénico obtenidos de todos los organismos donde hasta la fecha se ha hallado este fenómeno. De dichos datos llega a la conclusión de que intercambios múltiples en regiones "cortas" son altamente probables, aunque la frecuencia total con que se producen no es alta. Del análisis de los criterios clásicos para caracterizar pares alelomorfos, a saber: 1) unidad primaria de herencia no subdivisible por crossing-over o por rotura cromosómica; 2) unidad primaria de diferenciación fenotípica, y 3) unidad primaria de mutación; deduce la insuficiencia del terceto y de cada uno de los puntos a la luz de los nuevos descubrimientos; y si vuelca sus preferencias, luego de un concienzudo análisis, hacia las pruebas de complementación - no complementación, para caracterizar una "unidad de función", de inmediato cita casos —como el del complejo lozenge de *Drosophila* 6— en el que esta noción resulta

aún insuficiente. El mismo término "unidad de función" es criticado, por las implicaciones que pueden hacerse en lo que atañe a una interpretación como unidad primaria, y puntualiza los estudios bioquímicos necesarios, como los realizados para conocer la causa de la anemia falciforme, a fin de poder juzgar exactamente una función primaria de diferenciación fenotípica. Al mismo tiempo propone la adopción del término *cistron*, debido a Benzer, para la denominación de tales complejos.

Libro estimulante, he dicho, y lo es por cierto, debido a que en todo momento trata de colocar todos los conceptos genéticos sobre una sólida base molecular, a que a poco de leer las primeras páginas de la obra se desprenden los bien sentados conceptos, la importancia de la manualidad en el laboratorio que debe tener en bioquímica un moderno genetista, y lo fundamental de la colaboración estrecha entre el bioquímico y el genetista. Más, aún: las ideas más arriesgadas que como hipótesis de trabajo surgen del libro, son aquellas tendientes a verificar la existencia de un esqueleto fundamental del material hereditario, en base a un modelo del tipo del de Watson y Kricks.

Es un libro enjundioso, cuya lectura cabe a todo biólogo que guste de los escritos sobre problemas básicos de biología que dejen pensando al lector.

J. P. Bozzini.

---

## INSTITUTO PARA INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS

### B E C A S

El I. I. C. T. ofrece dos becas de dedicación exclusiva en *Fisiología Vegetal*, para ingenieros agrónomos o doctores en ciencias naturales, o para estudiantes muy adelantados. La duración de las mismas es de once meses, renovables por igual periodo, con un estipendio total de \$ 48.000 (cuarenta y ocho mil pesos moneda nacional). Los becarios trabajarán en los laboratorios del I. I. C. T., en Vicente López, bajo la dirección del personal técnico del mismo, y en el horario de 9 a 17 horas, excepto los domingos.

El trabajo será: a) sobre aspectos de la formación de nódulos en raíces aisladas de leguminosas, y b) sobre un tema a elección del becario. Los becarios deberán comenzar su trabajo en NOVIEMBRE DE 1959.

Los aspirantes a estas becas deben dirigirse hasta el 30 de setiembre de 1959 —por carta, únicamente—, al Director del I. I. C. T., Gaspar Campos 841, Vicente López, F. N. G. B. M. (Argentina), dando datos personales muy completos, a fin de que sobre la base de los mismos pueda concertarse una entrevista.

A aquellas personas que residan en el interior o en el exterior, se les abonará total o parcialmente el viaje a Vicente López.

## RECOMENDACIONES A LOS AUTORES

1. La responsabilidad de los artículos recae sobre los autores. La Comisión Redactora de HOLMBERGIA se reserva el derecho de aceptación o rechazo de los mismos, previa consulta con los especialistas en el tema de su Comisión Asesora.
2. Los artículos se firmarán con un nombre y el apellido del autor, sin ningún título. En una nota al pie de la primera página se agregará el nombre y la localidad de la Institución en la cual trabaja, así como una breve reseña de sus cargos y de las funciones que desempeña.
3. Pese a que no se establece un límite de extensión, en lo posible los trabajos no deberán exceder las veinte páginas impresas. El artículo completo, incluyendo notas y bibliografía, deberá ser presentado escrito a máquina, con doble espacio.
4. Las citas bibliográficas deberán ser exhaustivas, especificando autor, año, título, nombre de la publicación y número del volumen. A continuación se da un ejemplo del orden en que irán estos datos:

DARK, S. O. S., 1932. Chromosomes of *Taxus*, *Sequoia*,  
*Criptomeria* and *Thuya*. *Ann. Bot.* (London), 46.
5. Los dibujos deberán ser presentados en tinta china sin diluir, para permitir su reproducción. Las fotografías, en papel brillante, con mucho contraste. En ambos casos deberá agregarse una escala en mm. o micrones, o especificar la relación con respecto al original.
6. Todos los artículos deberán ir precedidos de un breve y a la vez completo resumen en inglés. Los nombres latinos de género y especie, se subrayarán en toda la extensión del texto.
7. Las pruebas de galera se enviarán para su corrección a los autores, si éstos lo solicitaren. Es sumamente importante que la corrección se haga en el menor plazo posible. La Revista entregará treinta separados de los artículos a cada colaborador, corriendo los adicionales por cuenta del autor, quien debe solicitarlos en el momento del envío del artículo.



HOLMBERGIA

AÑO 1959

TOMO VI — NÚMERO 15